



Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones

**“Implementación de una Red RF Indoor
en la Galería El Rey de Gamarra para
Mejorar la Cobertura Móvil en las
Frecuencias 835 – 845, 846.5 – 849, 880 –
890 y 891.5 – 894”**

Autor: Yuri André Vásquez Villegas

Para obtener el Título profesional de
Ingeniero de Telecomunicaciones

Asesor: Ing. Cesar Augusto Cermeño Heredia

Lima, agosto del 2018

DEDICATORIA

*Dedicado a mi hija Micaela, a
mis padres por su paciencia e
infinito amor y a Gaby quien
me acompaño en todo este
largo camino.*

AGRADECIMIENTO

Este ISP lo agradezco a los amores y compañeras de mi vida; mi hija Micaela, el regalo más hermoso que me pudo dar Dios y que sé algún día leerás este trabajo en el cual fuiste inspiración tu mi hermosa hija y a Gaby mi compañera, amiga, confidente, mi alma gemela.

A mis padres por haberme brindado todo su amor, haberme inculcado valores y enseñado a seguir adelante y nunca rendirse. A Giancarlo, Paolo, Dania y Alexa, mis amados hermanos que son las personas con quienes hice muchas travesuras y de quienes aprendí mucho.

A Leonardo Vásquez mi “tío Chano” que desde allá arriba sé que está feliz de verme llegar a este momento (ahora si tío es el último paso). A Santos Villegas y Estela Llerena mis amados abuelos quienes fueron propulsores de mis comienzos estudiantiles y a quienes estaré eternamente agradecido.

A Humberto Villegas mi “tío Beto” quién siempre me enseñó el significado del amor verdadero y de quien aprendo día a día a ser una mejor persona.

Finalmente a todas las personas que directa o indirectamente tuvieron que ver en mi crecimiento profesional en todos estos años.

Con todo mi amor, este trabajo es para
ustedes”

RESUMEN

En los últimos años las comunicaciones móviles han presentado un crecimiento acelerado pues el mundo actual nos obliga a estar en constante movimiento, pero a la vez tener acceso y conexión a todo tipo de plataformas virtuales ya que las actividades humanas están regidas por la necesidad de estar siempre comunicados.

Debido a la gran demanda de usuarios y servicios que las redes móviles poseen se han instalado muchas estaciones bases externas alrededor de la ciudad, pero en la actualidad la oferta no cubre la necesidad; es ahí donde se desea brindar una solución diferente a las comúnmente utilizadas actualmente ya que muchas de estas solo se basan en cubrir zonas céntricas, pero no se analiza los focos masivos de concentración como lo son Centros Comerciales, Red de Servicios Médicos, Red de Transporte Integrado, Entidades Gubernamentales, etc.

El presente ISP tiene como objetivo principal brindar una solución que ayude a mejorar la cobertura de la señal del servicio de telefonía móvil para la tecnología 3G, así como también, para la tecnología 4G dentro de toda la galería El Rey de Gamarra utilizando el esquema de optimización RF Inbuilding (de interiores), con la finalidad de no solo mejorar el servicio, sino asegurar que la comunicación esté disponible en todo momento dentro del centro comercial y tener factores adicionales como el servicio de pago electrónico, transferencias interbancarias seguras y uso de herramientas de control en tiempo real. Este documento brinda la solución más óptima a una necesidad dentro de la Galería El Rey de Gamarra, la falta de cobertura dentro del local comercial, para lo cual nos hemos

basado en teoría y modelos de propagación adecuados a la situación con el fin de abarcar el total de zonas dentro de la Galería para asegurar la cobertura.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
CAPÍTULO 1	12
ASPECTOS GENERALES.....	12
1.1. Definición del Problema	12
1.1.1. Descripción del Problema	12
1.1.2. Formulación del Problema	13
1.2 Definición de Objetivos.....	13
1.2.1. Objetivo General	13
1.2.2. Objetivos Específicos.....	13
1.2.3. Alcances y Limitaciones.....	14
1.2.4. Justificación.....	14
1.2.5. Estado del Arte.....	16
1.3. Viabilidad del Estudio	18
1.3.1. Accesos a la Información.....	18
CAPÍTULO 2	20
MARCO TEORICO.....	20
2.1. Antecedentes	20

2.2. Base Teórica.....	22
2.2.1. Modelo de Propagación de Interior.....	22
2.2.2. Sistema LTE (Long Term Evolution).....	24
2.2.3. Arquitectura de Red LTE	24
2.2.4. Arquitectura de Red UMTS.....	28
2.2.5. Hipótesis.....	30
2.2.6. iBwave	31
CAPÍTULO 3	33
METODOLOGIA.....	33
3.1. Desarrollo de la Investigación	33
3.2. Enfoque de la Solución.....	35
3.3. Recopilación de Información	35
3.3.1. Reconocimiento del Lugar	35
3.3.2. Medición de Señal.....	36
3.3.3. Levantamiento Fotográfico	36
3.3.4. Levantamiento de Información Estructural	38
3.4. Diseño de la Solución	38
3.4.1. Análisis de la Información obtenida del TSS.....	38
3.4.2. Implementación	50
CAPÍTULO 4	67
RESULTADOS.....	67
4.1. Resultados	67
4.2. Presupuesto.....	68
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES.....	74
GLOSARIO DE TERMINOS	75
BIBLIOGRAFIA.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	KPI's Requeridos	67
Tabla 2:	Costo de Materiales	69
Tabla 3:	Costos de Implementación	70
Tabla 4:	Costo Total.....	71
Tabla 5:	Descripción del Walk Testa	83
Tabla 6:	Descripción del Drive Test	83
Tabla 7:	Resumen Cuantitativo de los KPI's	84
Tabla 8:	Resumen Cualitativo de los KPI's	84
Tabla 9:	RSCP Indoor.....	85
Tabla 10:	RSCP Outdoor.....	86
Tabla 11:	Δ RSCP.....	86
Tabla 12:	EcNo	87
Tabla 13:	Primary Scrambling Code	88
Tabla 14:	Tx Power	89
Tabla 15:	CQI.....	90
Tabla 16:	HSDPA Throughput.....	91
Tabla 17:	HSUPA Throughput.....	92
Tabla 18:	Accesibilidad	93
Tabla 19:	Reteneabilidad.....	94
Tabla 20:	Handover	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ascenso de la telefonía móvil en Perú	15
Figura 2: Diagrama de BS exterior	17
Figura 3: Diagrama de Femtocelda	17
Figura 4: Diagrama de Repetidores	18
Figura 5: Esquema Ray Tracing	23
Figura 6: Trayectoria de propagación en interior	23
Figura 7: Arquitectura de red LTE vs Arquitectura de red UMTS	25
Figura 8: Evolución del UMTS	29
Figura 9: Arquitectura UMTS	29
Figura 10: Resolución N° 075-2012-CD-OSIPTEL	30
Figura 11: Ejemplo de predicción iBwave	32
Figura 12: Vista de Gamarra años 50	33
Figura 13: Perímetro Galería El Rey de Gamarra	34
Figura 14: Distancia a los sites cercanos	35
Figura 15: Medición de señal y proyección de antenas	37
Figura 16: Proyección Gabinetes BBU/ Rectificador	37
Figura 17: Foto de proyección soportes para RRU.....	38
Figura 18: Interfaz Nemo Outdoor	39
Figura 19: Post proceso piso 1	40
Figura 20: Post proceso piso 2	41
Figura 21: Post proceso piso 3	42
Figura 22: Post proceso piso 4	43

Figura 23: Predicción de cobertura en piso 1	44
Figura 24: Predicción de cobertura en piso 2.....	45
Figura 25: Predicción de cobertura en piso 3.....	46
Figura 26: Predicción de cobertura en piso 4.....	47
Figura 27: Vista 3D de la galería	48
Figura 28: Vista general de distribución de equipos	49
Figura 29: Diagrama Eléctrico BBU (4G/3G)	51
Figura 30: Diagrama de Ubicación Equipos TI (3G/4G)	52
Figura 31: Listado de materiales calculado iBwave	53
Figura 32: Antena Indoor Omnidireccional	54
Figura 33: Antena Indoor Panel.....	55
Figura 34: Divisor de 2 / 3 vías	56
Figura 35: Combinador Duplexor.....	57
Figura 36: Cable SCF ½	58
Figura 37: Cable LCF ½.....	59
Figura 38: Cable LCF 7/8.....	60
Figura 39: Radio Remote Unit 3908	61
Figura 40: Band Base Unit 3900.....	61
Figura 41: Planimetría piso 1	62
Figura 42: Planimetría piso 2	63
Figura 43: Planimetría piso 3	63
Figura 44: Planimetría piso 4	64
Figura 45: Planimetría piso 5	64
Figura 46: Vista de equipos pasivos piso 1	65
Figura 47: Vista de equipos TI piso 5	65
Figura 48: Medición VSWR Splitter 24 to Antena 24	66
Figura 49: Medición DTF Splitter 24 to Antena 24	66

Figura 50: Nivel RSCP piso 1 + KPI's	68
Figura 51: Nivel RSCP piso 2 + KPI's	68
Figura 52: Cronograma.....	72
Figura 53: Ubicación de Estación	80
Figura 54: Distancia de sitios más próximos.....	81
Figura 55: Uso de Antenas, Cables y Splitters.....	82
Figura 56: Histograma RSCP Indoor	85
Figura 57: Diagrama porcentual RSCP	86
Figura 58: Histograma EcNo	87
Figura 59: Distribución porcentual PSC	88
Figura 60: Histograma Tx Power	89
Figura 61: Histograma CQI	90
Figura 62: Histograma HSDPA Throughput	91
Figura 63: Histograma HSUPA Throughput	92

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES

1.1. Definición del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

El presente ISP contribuye a resolver el problema de falta de cobertura en ambientes interiores, que presentan pérdidas por excesiva atenuación de la señal transmitida o por falta de capacidad de los sitios outdoor (de exterior).

En nuestro país de manera específica se ha utilizado soluciones como “repetidoras” pasivas las cuales se interconectan con redes externas para alimentar zonas interiores. En el mundo este tipo de soluciones han sido adaptadas por países como USA, Canadá y gran parte de Europa, en Latinoamérica es Chile el primer país en adecuar a su realidad esta solución, misma que ha sido replicada a Colombia, Brasil, Uruguay y Argentina, países en los cuales se vienen desarrollando este tipo de diseños e implementaciones.

En la actualidad se tienen estudios de sistemas activos outdoor pero como estudio en indoor no hay evidencia específica de esta solución a brindar, por lo que se presta como pionera dentro del rubro de las telecomunicaciones en nuestro país para el beneficio de las zonas a implementar.

Para iniciar nuestro estudio debemos de conocer que Gamarra cuenta con 160 galerías y más de 17 mil puestos distribuidos alrededor de 34 manzanas que conforman el “Emporio Comercial”. La galería “El Rey” es considerada una de las más grandes y concurridas ya

que cuenta con 4 pisos y una azotea (con proyección a crecer), la galería tiene aproximadamente 500 stands, los cuales reciben alrededor de 4 mil personas diarias.

La galería cuenta con un problema de coberturas interiores. Los clientes, trabajadores y dueños de stands experimentan constantes caídas al tratar de realizar llamadas telefónicas o envío de datos a través de sus diferentes dispositivos móviles, problema que se traduce en la imposibilidad de realizar llamadas o repentinas caídas e interrupciones.

1.1.2. Formulación del Problema

1.1.2.1. Problema General

¿Se puede mitigar la falta de cobertura móvil mediante una implementación de interiores en la galería “El Rey de Gamarra”?

1.1.2.1. Problemas Específicos

¿Cómo identificar la calidad de señal dentro de la galería?

¿Qué herramientas debo utilizar para la medición de señal?

¿Cómo determinar el análisis de post proceso para mejora de cobertura implementada?

1.2 Definición de Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar una solución de interiores para mitigar la falta de cobertura interior dentro de la galería “El Rey de Gamarra”.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar la calidad de señal al interior de la galería antes y después de la solución.

- Definir las herramientas a utilizar para la medición adecuada de la señal dentro de la galería.
- Determinar el análisis de post proceso para mejora de cobertura implementada.

1.2.3. Alcances y Limitaciones

- El presente ISP busca mejorar la calidad en la cobertura móvil dentro de la galería El Rey de Gamarra.
- Se tendrá habilitados los servicios de 3G y 4G dentro de la galería.
- Se podrán conectar a la misma red servicios de paga electrónicos (POS, etc).
- La saturación de la estación celular dentro de la galería dependerá del tráfico de voz/datos que se genere dentro de la galería.
- Se contempla la instalación de 6 RRU inicialmente, 3 RRU para cada tecnología.
- Se garantiza la comunicación dentro del perímetro de la galería.

1.2.4. Justificación

1.2.4.1. Tecnológica

Hoy en día la tecnología está sufriendo un cambio acelerado ya que nos orientamos más a los dispositivos móviles, los que nos permiten un mayor desempeño en eficiencia y capacidad. La experiencia móvil debe ser atractiva e interactiva ya que utilizamos aplicaciones, streaming, etc. La propuesta a utilizar incluye el uso de las tecnologías móviles para entorno celular 3G (UMTS) y 4G (LTE).

La justificación tecnológica surge ante la necesidad de brindar un servicio dentro del local ante la falta de comunicación en distintos sectores del establecimiento, teniendo en cuenta que el mercado de telefonía móvil crece en demanda y consumo.

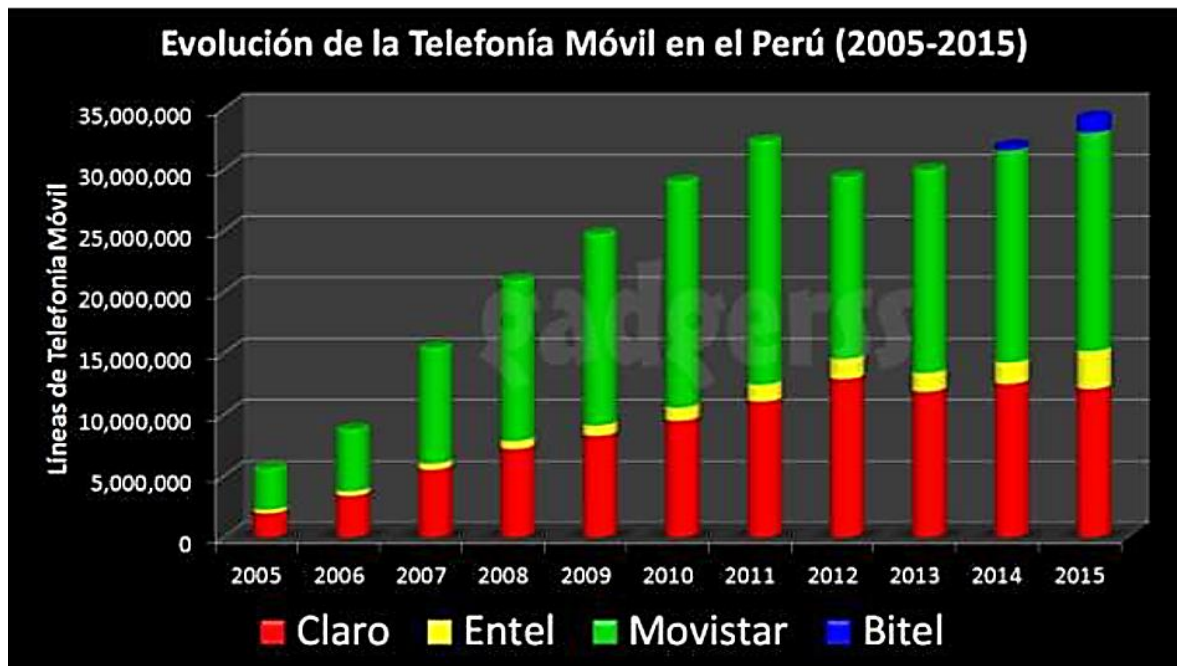


Figura 1: Ascenso de la telefonía móvil en Perú

Fuente: www.gadgerss.com

El presente estudio puede ser aplicable para todas las tecnologías móviles existentes en el mercado de telecomunicaciones a la fecha. Con esto se estaría copando un mercado que se viene afianzando en nuestro país, brindando un servicio de alto performance en una zona donde se tiene una altas probabilidades de oportunidad de negocio, además el estudio previo y post instalación nos brindara una visión general del servicio que se tuvo y que se tendrá finalizada la implementación.

1.2.4.2. Económico / Social

Económicamente hablando el ISP que se presenta tiene un muy alto beneficio no solo para el operador y la galería sino también para el usuario de a pie quien podrá y tendrá la capacidad de realizar pagos utilizando tecnologías de pago electrónico brindándoles a los usuarios la tranquilidad y comodidad de poder manejar dinero electrónico, aumentando la productividad y confort usuario/vendedor dentro de la galería, acceder a sus cuentas y realizar distintas transacciones financieras en la comodidad de su negocio sin la necesidad de salir hacia un banco.

En lo social los clientes podrán realizar una comunicación sin ningún tipo de problemas utilizando su equipo móvil, generando oportunidades de negocio dentro y fuera del emporio, poder interrelacionarse con amigos o compañeros de trabajo que se encuentran en diferentes puntos dentro y fuera del emporio, comunicarse con la familia a todo momento generando bienestar en el cliente.

1.2.5. Estado del Arte

En la actualidad existen algunas alternativas de solución para este tipo de situaciones tanto indoor como outdoor pero tienen en consideración varios aspectos: lugar, zona a cubrir, cantidad de usuarios, facilidades de acceso, estaciones cercanas y la misma necesidad del consumo actual en servicios móviles. Se presentan algunas soluciones que nos ayudaran a tener una visión más amplia de la propuesta:

Estaciones Base.- Estaciones base de telefonía móvil ubicadas en su mayoría sobre la vía pública, techos de predios y que son en su mayoría propiedad del operador móvil que son equipadas y que se utilizan para cubrir grandes zonas (alta capacidad y cantidad de usuarios beneficiados).

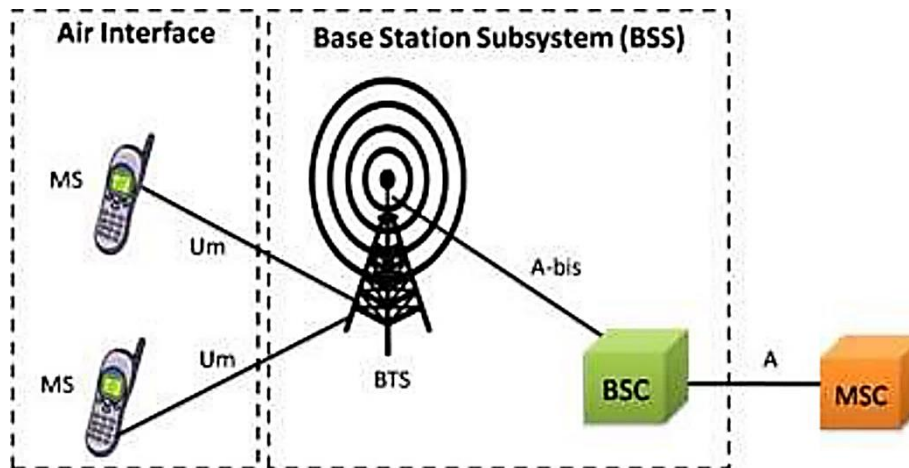


Figura 2: Diagrama de BS exterior

Fuente: www.gl.com

Femtoceldas / Small Cell.- Son estaciones base de telefonía móvil de gama corta completamente equipadas y que se utilizan para pequeñas zonas como residencias y/o casas, empresas pequeñas, son de corto alcance (limitada capacidad y cantidad de usuarios beneficiados). Estas van de femtoceldas pequeñas y compactas que utilizan en algunos casos el ancho de banda doméstico hasta las small cell que nos permiten acceder a servicios de voz y dato. Son utilizadas para soluciones indoor debido a su bajo costo y a la fácil implementación.

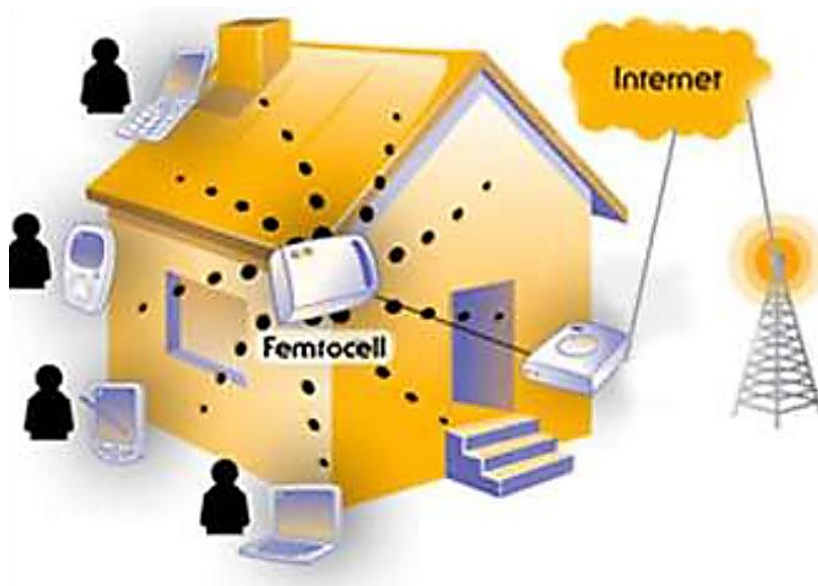


Figura 3: Diagrama de Femtocelda

Fuente: www.telecoms.com

Repetidores.- Esta solución utiliza la señal de la estación base exterior más cercana, a través de una antena se recibe y amplifica la señal, para luego enviarla al interior a través de una sistema de antenas (onmidireccional y/o direccional); la principal limitación de esta solución es que la calidad de señal móvil dependerá de la saturación que tenga en ese momento la estación base exterior.

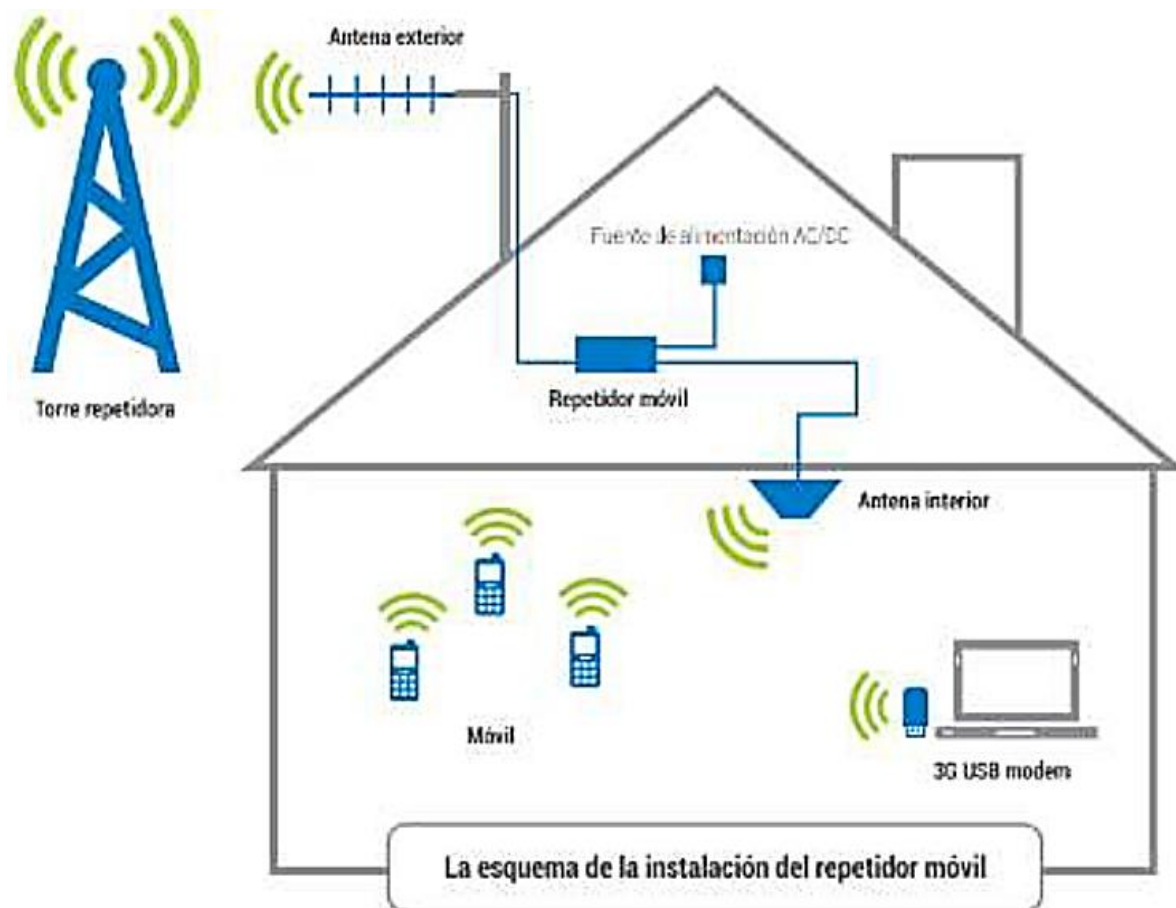


Figura 4: Diagrama de Repetidores

Fuente: www.mimovilwindows.com

1.3. Viabilidad del Estudio

1.3.1. Accesos a la Información

La información previa al inicio del estudio se basa en los planos que serán proporcionados por el cliente; los planos del local en algunos casos deben contar con algún tipo de especificación ya que parte del proceso es el análisis del plano a través del uso de autocad

para poder digitalizar detalles que se puedan encontrar en el documento y durante la visita de inspección.

Otra información previa que se requerirá será conocer las estaciones base (indoor/outdoor) más cercanas del proveedor para poder analizar el perímetro y evitar cruzar los KPI de esta con lo que se desea brindar al interior del local esto para poder realizar un correcto análisis de la información y estado actual del lugar.

CAPÍTULO 2

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

Los sistemas de radio móvil han ido evolucionando y con el pasar de los años se han ajustado cada vez más a las necesidades de los usuarios. Los primeros sistemas de radio móvil estuvieron sobre vehículos con apariencia de tranvías y en la actualidad con los teléfonos inteligentes, a continuación daremos algunos alcances sobre trabajos realizados relacionados al tema a tratar.

- a) En el 2008 fue presentado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Electricidad y Electrónica de la Universidad Austral de Chile, el trabajo de **“ESTUDIO Y ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE RF EN ESPACIOS EDIFICADOS, IN-BUILDING”** (Ditzel Guerrero, 2008).

La investigación trata sobre el comportamiento de una red GSM en interiores sobre subredes de RF, brinda un detallado análisis de los parámetros de comunicación (interfaz aire) que permiten dar solución a los problemas de cobertura en espacios cerrados, además se toma decisiones a partir de mediciones reales. Teniendo en cuenta todas las posibles atenuaciones como cables, conectores, etc.; se realiza cálculos con la finalidad de acotar las perdidas indicadas y maximizar la ganancia del sistema.

Luego se realiza un análisis de la solución a utilizar; para adecuar el resultado final planteado, se compara valores iniciales versus valores finales.

- b) En marzo del 2013 fue presentado en la Facultad de Ciencias e Ingeniería, Escuela de Telecomunicaciones de la Pontificia Universidad Católica del Perú, el trabajo de **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED RF INDOOR EN EL HOSPITAL DE EMERGENCIAS PEDIÁTRICAS PARA MEJORA DE COBERTURA”** (Duarte Vera-Tudela, 2013).

Esta investigación tuvo la finalidad de realizar un diseño e implementación de una red RF Indoor al interior del Hospital de Emergencias Pediátricas a fin de solucionar los problemas de cobertura de señal en servicios de telefonía móvil para la tecnología 2G y 3G, se realizó un análisis previo dentro del nosocomio para conocer la situación en ese momento de la cobertura celular y realizar comparaciones entre un antes y después de la instalación.

En el estudio se tomó en cuenta los índices de tráfico promedio, las tarifas actuales (en ese momento) del mercado, y la concurrencia promedio de personas al hospital; finalmente se concluye que el proyecto es viable ante la inversión versus el beneficio obteniendo una tasa interna de retorno del 17%.

- c) En noviembre del 2015 fue presentado en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Ingeniería, el trabajo de **“DISEÑO DE UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL PARA UNA RUTA DE TREN SUBTERRÁNEO”** (Zumaeta Zuta, 2015).

La investigación tuvo un análisis para el diseño de una red dentro de la ruta del tren subterráneo “Metro de Lima Línea 2” con 32 estaciones y el sistema completo de despliegue en las mismas. Para el estudio solo se consideró las tecnologías GSM y UMTS.

Una aclaración adicional es que no existen muchos antecedentes que tomen el tema de cobertura en interiores, que nos permitan tener una visión más amplia de la solución a brindar ya que esta problemática se viene suscitando ante la demanda de consumo y acceso a plataformas virtuales a través de tecnología móvil.

2.2. Base Teórica

2.2.1. Modelo de Propagación de Interior

La propagación de ondas en el interior de edificios está caracterizada por la propagación multitrayecto. Modelos empíricos tales como Multi Wall Model no tienen en cuenta fenómenos de propagación como reflexión, efecto de guiado de ondas en pasillos y difracción en cuñas verticales y horizontales. Los modelos de rayos ópticos tienen en cuenta estos efectos. Hay dos propuestas de rayos ópticos: Ray Tracing y Ray Launching; para nuestro estudio tomaremos el modelo de Ray Tracing.

2.2.1.1. Ray Tracing

El modelo Ray Tracing calcula todas las posibles trayectorias desde el transmisor hasta el receptor. Para la determinación de los rayos reflejados se determinan imágenes del transmisor, es decir, la imagen del transmisor relativa al plano reflectante (T' o T''). El tiempo de computación es muy elevado debido a que cada píxel es calculado de forma independiente, pero por el contrario la exactitud es muy elevada porque todos los objetos relevantes son tenidos en cuenta.

El canal radio móvil en los escenarios de interior está caracterizado por la propagación multitrayecto. Los fenómenos de propagación dominantes en el interior del edificio son el sombreado sobre paredes, efectos de guiado de ondas en pasillos debido a las múltiples reflexiones y la difracción sobre cuñas verticales.

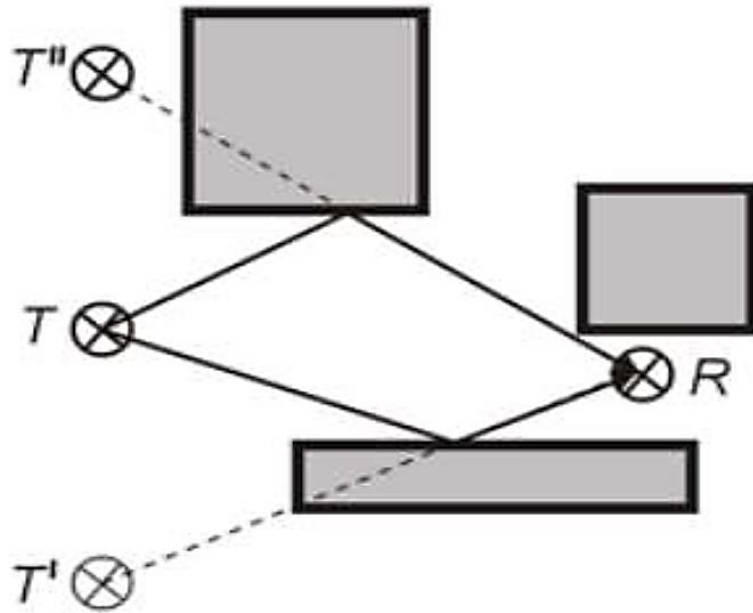


Figura 5: Esquema Ray Tracing

Los modelos de rayos ópticos deterministas consideran estos efectos, lo que conducen a una predicción de resultados mucho más exacta. Un modo para acelerar el tiempo consumido es el Intelligent Ray Tracing (IRT), basado en un pre-proceso de los datos del edificio, esto combina una gran exactitud con un corto tiempo de computación.

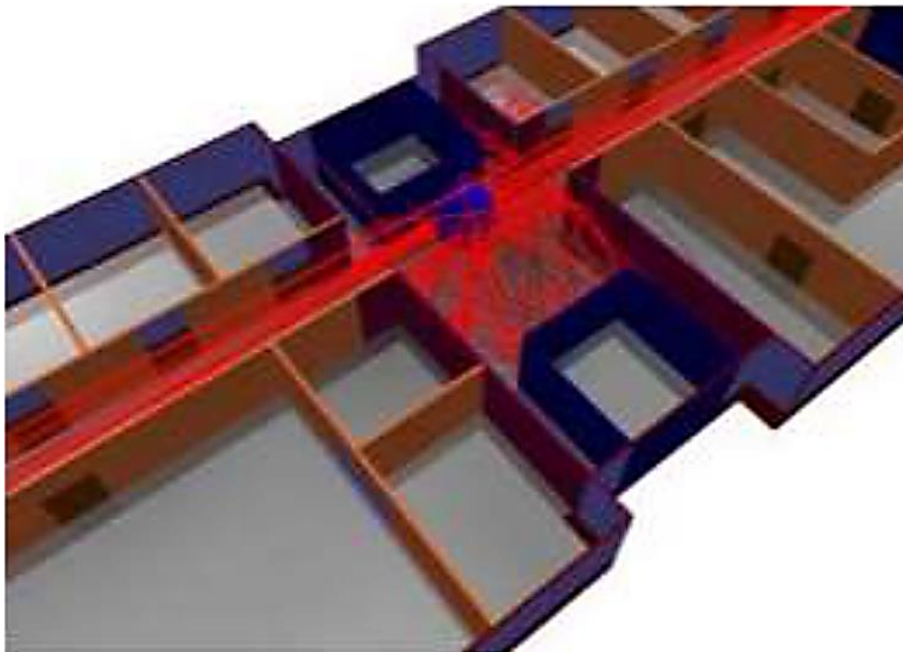


Figura 6: Trayectoria de propagación en interior

2.2.2. Sistema LTE (Long Term Evolution)

Es un estándar de comunicaciones móviles que fue desarrollado por la 3GPP, asociación que desarrolló y mantiene a GSM y UMTS, viene del acrónimo Long Term Evolution y es el último avance de los sistemas de comunicación móvil. El interfaz radio (nivel físico) del sistema LTE es algo completamente nuevo, así que LTE es una nueva generación respecto a UMTS (tercera generación o 3G) y a su vez GSM (segunda generación o 2G). LTE nació para cubrir principalmente las siguientes necesidades:

- Los usuarios requieren una conexión de datos que descargue y suba a más velocidad.
- Los fabricantes y operadores quieren un estándar menos complejo y que reduzca los costos.
- Se debe asegurar la competitividad del 4G en el futuro frente, por ejemplo, a WiMAX.

El primer servicio público de LTE se desplegó en las capitales escandinavas de Estocolmo y Oslo el 14 de diciembre de 2009. En Perú, Telefónica empezó a brindar servicio de esta tecnología en Lima en enero de 2014.

2.2.3. Arquitectura de Red LTE

La arquitectura general de UMTS evolucionó para adaptarse muy bien a GSM y a los requerimientos de la 2G, con una topología en estrella donde un RNC podía controlar cientos de Estaciones Base (BS) o Nodo B sobre la interface IuB. Bajo este concepto UTRAN CDMA tuvo que irse adaptando y mejorando lo que terminó con una arquitectura complicada en la cual no existe comunicación directa entre las BS o Nodo B. A pesar de que el Nodo B es muy sencillo, el RNC es complejo y se encarga del manejo del tráfico y de los recursos de radio.

E-UTRAN basado en OFDMA es muy sencillo, sólo tiene un elemento el eNode B, el cual está directamente conectado al Core Network por medio de la interface S1, y entre ellos por la interface X2. De esta forma las mejoras que siempre son necesarias introducir se reparten entre en eNode B y el Core Network. La conexión directa entre eNodos B contribuye a reducir los paquetes perdidos en los móviles cuando se hace handoff.

A continuación, se muestra es un diagrama lógico, en una red real muchas de estas funciones pueden estar contenidas en un único dispositivo o equipo.

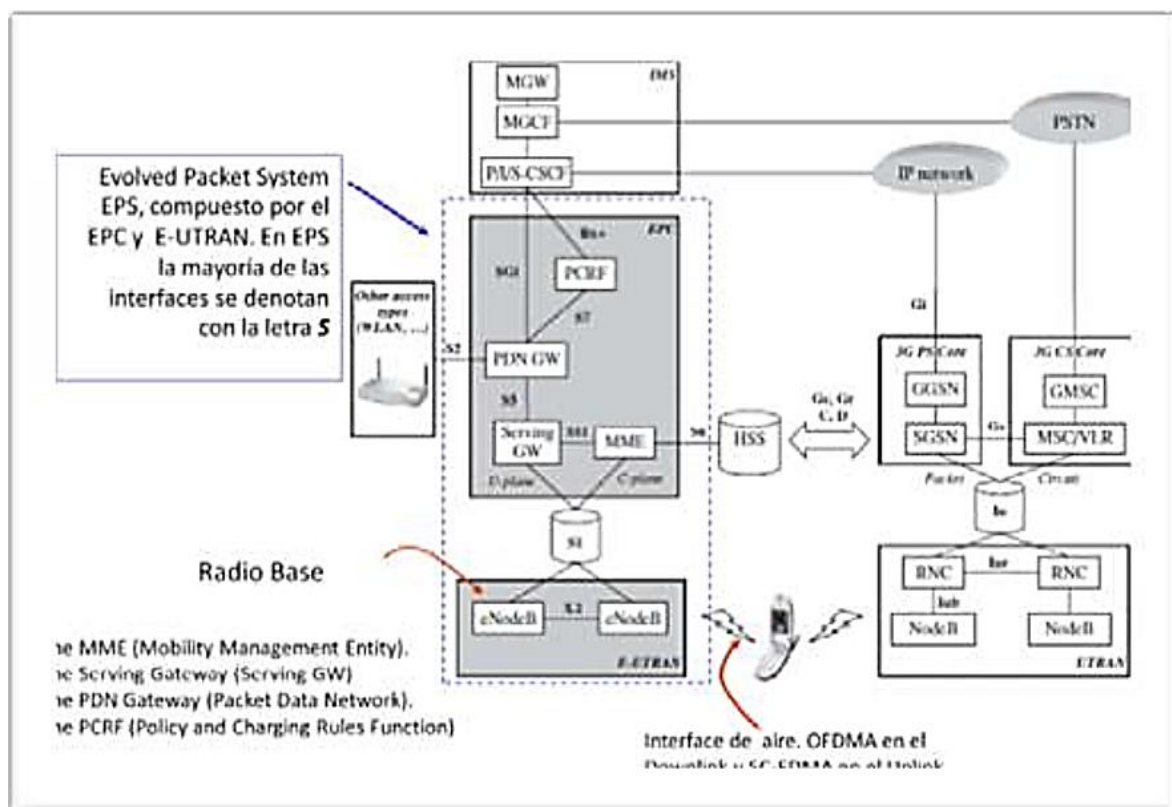


Figura 7: Arquitectura de red LTE vs Arquitectura de red UMTS

Fuente: www.tecnologiasmoviles.com

eNode B.- La función del eNB es trascendental, ya que este concentra gran parte de la inteligencia de LTE para el manejo y control de todas las tecnologías que incluye. En el eNB se encuentra el Scheduler, la entidad lógica que hace la asignación de recursos tanto en el DL como en el UL. Entre otras funciones del eNB tenemos:

- Llevar las señales de gestión del canal de radio.
- Establecimiento y finalización de las comunicaciones.
- Gestión de los recursos de radio.
- Transmisión y recepción de señales en la interfaz de radio.
- Modulación y demodulación.
- Codificación y decodificación de canal.
- Gestión dinámica de los recursos de radio tanto en el Up Link como en el Down Link.
- Scheduler de paquetes con diferentes restricciones: calidad de la señal, prioridad del usuario y calidad de servicio.
- Gestión de la movilidad de los usuarios.
- Configuración y medición de parámetros de la señal de radio.
- Control de los algoritmos de handover.
- Toma de decisión y determinación de la nueva celda en el proceso de handover.
- Compresión del encabezado IP y cifraje de los datos del usuario.
- Garantizar la seguridad de las señales que atraviesan la interfaz de aire.
- Transmisión de mensajes de paging y broadcast generados en el MME.

MME.- Se comunica con el eNB a través de la interface S1-MME para el plano de control. Las funciones del MME se clasifican en dos grandes grupos:

Funciones relacionadas con la gestión de los datos de los usuarios: Incluye el establecimiento, mantenimiento y liberación de las conexiones de datos.

Funciones relativas a la gestión de la conexión: Incluye el establecimiento de la conexión y seguridad entre la red y el UE.

- Es el nodo central que procesa la señalización entre el UE y el Core Network. Los protocolos que corren entre el UE y el core se conocen como NAS (Non-Access Stratum).
- Procesa todas las señales entre el UE y el EPC.
- Establecimiento, mantenimiento y finalización de los canales que transportan todo tipo de información.
- Gestión de las conexiones:
- Establecimiento de conexiones seguras entre el UE y la red.
- Mantener la señalización NAS, es decir protocolos entre el UE y el EPC que no terminan en el e-UTRAN.
- Gestión del UE en el modo IDLE.
- Roaming y AKA entre el UE y la red.
- Selección del MME en el handover cuando hay cambio del MME.
- Selección del SGSN en caso de handover para acceder redes 3GPP de 2G y 3G.

S-Gateway.- Todos los paquetes IP de los usuarios son transferidos al S-GW, el cual hace el papel de un ancla local para los datos de usuarios cuando el UE hace handover entre eNBs. En la VPLMN el S-GW recolecta información necesaria para la facturación, por

ejemplo el volumen de datos enviado o recibidos por un usuario, también actúa en los procesos de interceptación legal. También sirve de ancla para la realización del interworking cuando se realiza entre LTE y otras tecnologías 3GPP.

P-Gateway.- Tiene como responsabilidad la asignación de direcciones IP a los UE, así como la ejecución de la QoS a través de la clasificación de los paquetes en el DL en los diferentes flujos de bits de acuerdo con sus parámetros de QoS, suministra conectividad a redes de paquetes externos.

También sirve como ancla para la movilidad para interworking con redes que no sean del 3GPP como WiMAX y CDMA2000, se encuentra conectado con el PCRF por medio del interface S7.

PCRF.- Es el elemento de la red encargado de detectar los paquetes pertenecientes a un Service Data Flow con el fin de aplicar las políticas de control y realizar la facturación, también autoriza la aplicación de QoS para los paquetes de usuarios.

2.2.4. Arquitectura de Red UMTS

La tecnología modifica la forma de acceso múltiple ya que cambia de TDMA, utilizado por GSM, por WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), la cual se eligió puesto que el utilizar códigos para el acceso múltiple permite mayor cantidad de accesos simultáneos que usando divisiones de tiempo en un pedazo de espectro que solo permitía 8 accesos por portadora. En UMTS cada portadora WCDMA tiene un ancho de banda de 5 MHz. lo cual fue elegido puesto que esto permitía alcanzar velocidades de transmisión desde los 384 Kbps hasta los 2 Mbps dependiendo de las condiciones climáticas. Esta fue la meta inicial de UMTS por lo tanto la primera versión de UMTS (Release 99) tuvo esta velocidad en su estándar. (Duarte Vera-Tudela, 2013).

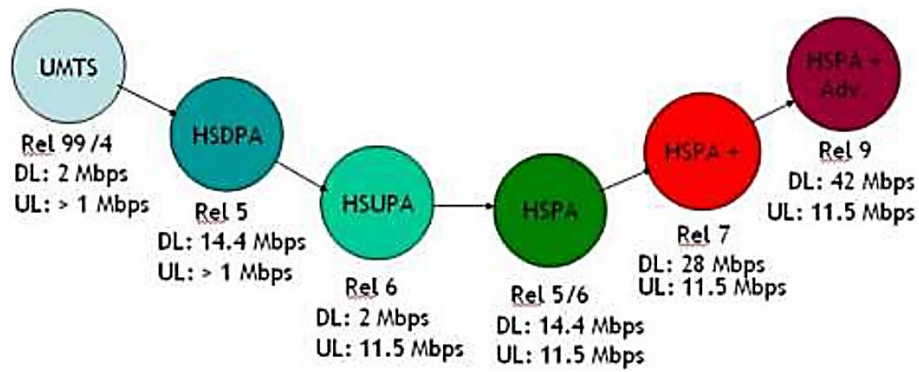


Figura 8: Evolución del UMTS

Fuente: (Duarte Vera-Tudela, 2013)

La arquitectura general de UMTS se define en términos de dominios (agrupaciones de elementos funcionales) y puntos de referencia (interfaces). El sistema UMTS se descompone en dos dominios principales, el dominio de equipo de usuario está UE (User Equipment) y el dominio de infraestructura donde se encuentran los equipos de red (nodos de acceso y red central), mediando entre ambos la interfaz radio.

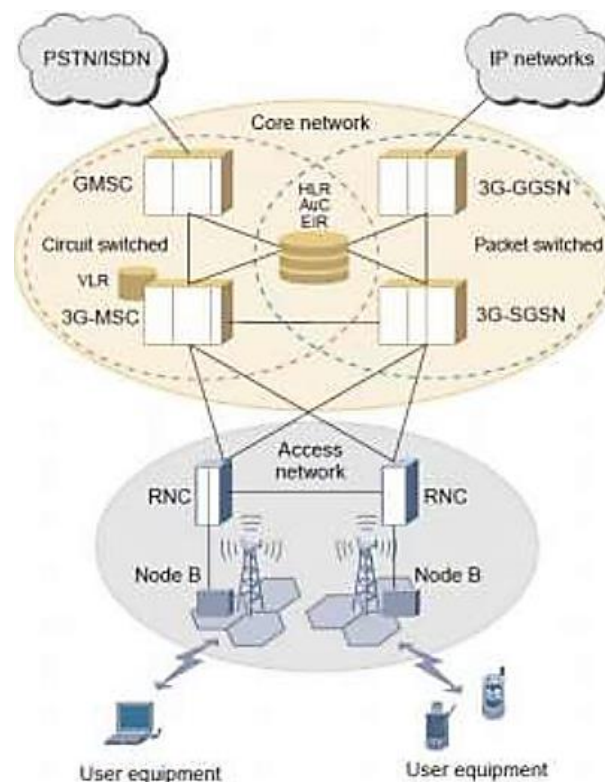


Figura 9: Arquitectura UMTS

Fuente: (Velarde Ortiz, 2012)

2.2.5. Hipótesis

Ante la ausencia de cobertura dentro del local comercial y teniendo en cuenta el alto número de usuarios, planteo la implementación de una estación base dentro de la infraestructura del lugar. Desde un punto de vista, es necesario una reingeniería que nos permita disponer de una capacidad completa brindando calidad y densidad de señal en zonas de alto flujo, garantizando que los servicios de voz, datos sean acordes al estándar actual (ancho de banda, calidad de llamadas, capacidad de consumo).

Se considera para el mismo el Reglamento de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones brindado y aprobado por el OSIPTEL mediante Resolución N° 040-2005-CD/OSIPTEL y su modificatoria mediante Resolución de Consejo Directivo N° 075-2012-CD/OSIPTEL.

El Peruano		PROYECTO	468165
Lima, domingo 15 de mayo de 2011		PROYECTO	
		ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN PRIVADA EN TELECOMUNICACIONES	
Proyecto de Resolución que modifica el Reglamento de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones, aprobado mediante Resolución N° 040-2005-CD/OSIPTEL			
RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 075-2012-CD/OSIPTEL			
Lima, 06 de junio de 2012			
MATERIA	Proyecto de Resolución que modifica el Reglamento de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones, aprobado mediante Resolución N° 040-2005-CD/OSIPTEL.		
VISTOS:	(i) El Proyecto de Resolución que modifica el Reglamento de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones, aprobado mediante Resolución N° 040-2005-CD/OSIPTEL. (ii) El Informe N° 203-QFB/2012 de la Gerencia de	2005-CD/OSIPTEL, a través del cual se establecieron los parámetros de calidad que deben regir para la prestación de los servicios públicos de telecomunicaciones. Que, mediante la Resolución N° 011-2008-CD/OSIPTEL, se modificó el Reglamento de Calidad, incorporándose los indicadores de Calidad de Voz y Cobertura Radieléctrica, enmarcándose a la Gerencia de Fomento y Supervisión la elaboración de los Procedimientos de Supervisión de los Indicadores de Calidad, incluyendo la determinación de los valores y escenarios de aplicación cuando correspondan. Que, en el numeral 3 del Anexo 10 del Reglamento de Calidad, incorporado por la Resolución N° 012-2008-CD/OSIPTEL, se indica que en la ruta de prueba se medirá y registrará un porcentaje de errores, sobre el cual se evaluará la calidad mínima exigible para el indicador de Cobertura Radieléctrica (CR). Que, en el numeral 4 del Anexo 11 del Reglamento de Calidad, incorporado por la Resolución N° 012-2008-CD/OSIPTEL, se indica que en la ruta de prueba se medirá y registrará un porcentaje de errores, sobre el cual se evaluará la calidad mínima exigible para el indicador de Cobertura Radieléctrica (CR).	

Figura 10: Resolución N° 075-2012-CD-OSIPTEL

Fuente: Diario Oficial El Peruano

2.2.6. iBwave

iBwave Design es una herramienta líder en la industria de diseño de redes inalámbricas de interiores, utilizada por más de 500 clientes en 80 países alrededor del mundo para poder automatizar actividades de diseño de planificación de red. (iBwave, 2017) En la actualidad es el software más completo que puede existir en el mercado; agiliza el proceso de recolección de datos, selección de componentes, evaluación de costos, diseño, documentación, informes y mucho más. Reduce significativamente el tiempo empleado en el trabajo de campo manual y aumenta el ahorro de costos, entre algunos de sus beneficios tiene:

- Base de datos de hasta 25000 elementos de red (antenas, celdas, cables, etc), con la capacidad de poder agregar algún producto no considerado en la BD incluyendo las características del mismo.
- Automatización de diseño, cálculos, colocación de AP, cálculo de longitud cables, conectores, intensidad de señal, validación de errores, etc.
- Soporte de tecnologías múltiples, y uso compartido de sistemas; se puede diseñar sistemas DAS, Wi-Fi, small cells, redes de seguridad, diseño de activos, edificios modelados.

Importación de planos de manera rápida desde archivos cad, pdf, jpg para el adecuado diseño. Se puede asignar materiales tomando las características del mismo (paredes de cemento, ladrillo, drywall, madera).

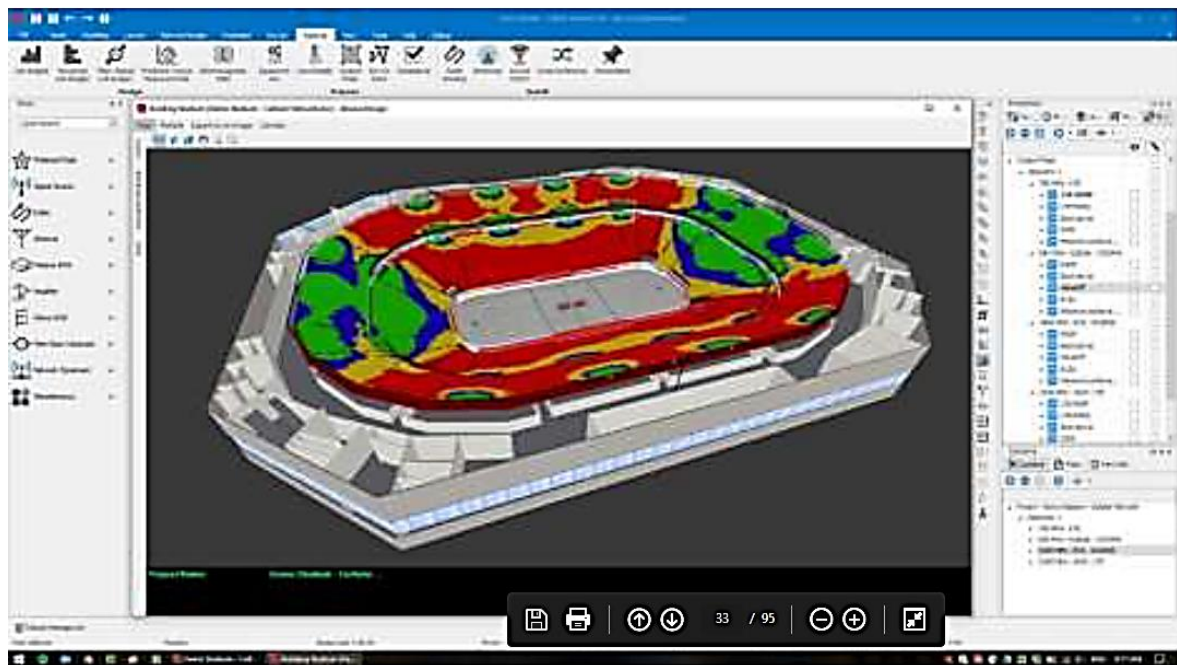


Figura 11: Ejemplo de predicción iBwave

Fuente: www.ibwave.com

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

3.1. Desarrollo de la Investigación

Los inicios de Gamarra datan de 1941, año en que Alfredo Ferrand funda la empresa “La Parcela” donde se inician la fabricación de prendas de algodón y sintético. Es en 1972, donde Gamarra ingresa a la era de las galerías, producto de una resolución de alcaldía, que permite el cambio de zonificación, solucionando un problema de años que limitaba el crecimiento.

En la actualidad Gamarra es considerado el “Emporio Comercial” más grande de Latinoamérica y uno de los lugares donde más transacciones comerciales se realizan dentro de nuestro país (1200 millones de dólares anuales).

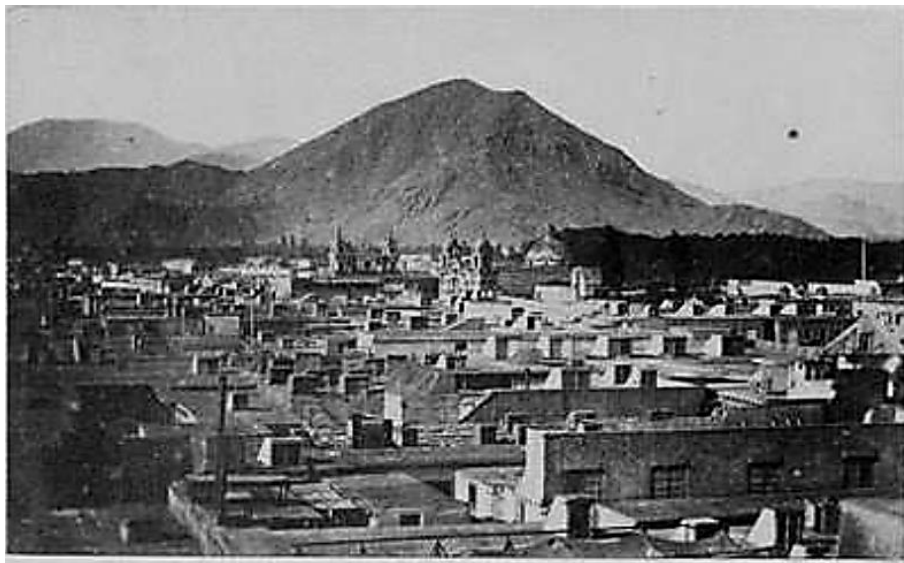


Figura 12: Vista de Gamarra años 50

Fuente: www.alogamarra.com/historia_gamarra_peru

Gamarra ha sido desde siempre el punto de encuentro de muchas familias limeñas, provincianas y hasta extranjeras que quieren vestirse con productos de alta calidad y a muy buenos precios, Gamarra cuenta con 160 galerías y más de 17 mil puestos distribuidos alrededor de 34 manzanas que conforman el “Emporio Comercial”. La galería “El Rey” es considerada una de las más grandes y concurridas ya que cuenta con 4 pisos y una azotea (con proyección a crecer), con una dimensión de 14100 m² la Galería tiene aproximadamente 500 stands, esta galería recibe alrededor de 4 mil personas diarias.

La galería cuenta con un problema de coberturas de interiores. Los clientes, trabajadores y dueños de stands experimentan constantes caídas al tratar de realizar llamadas telefónicas o envío de datos a través de sus diferentes dispositivos móviles, problema que se traduce en la imposibilidad de realizar llamadas o repentinas caídas e interrupciones.



Figura 13: Perímetro Galería El Rey de Gamarra

Fuente: Elaboración Propia

Durante la primera visita realizada (netamente de inspección visual), se determinó que gran parte de la falta de señal se concentra en el primer y segundo piso, siendo el 1er piso el más afectado, al tener pasillos, accesos, escaleras, y centro recreacional sin cobertura. Es en este lugar donde la afluencia supera el 60% de visitantes totales a la galería.

3.2. Enfoque de la Solución

El presente ISP está enfocado en brindar una solución de interiores con la finalidad de cubrir la falta de cobertura móvil dentro de la galería “El Rey de Gamarra” que cuenta con una alta afluencia de público y baja calidad en cobertura móvil.

3.3. Recopilación de Información

3.3.1. Reconocimiento del Lugar

Para realizar las pruebas que forman parte del TSS inicial se requiere conocer los nodos cercanos al lugar, para determinar las posibles causas del problema.



Figura 14: Distancia a los sites cercanos

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 5 se puede apreciar que la galería el Rey de Gamarra se encuentra rodeada de 4 estaciones base celular, las cuales son: Sebastián Barranca, Parinacochas, Textiles

y Macro Celda Gamarra, esta última se encuentra más cercana al lugar de estudio. Teniendo como preámbulo la figura 5 se puede decir que alrededor existe una gran cantidad de estaciones base que han sido diseñadas para la demanda externa, pero esta no contempla zonas de alta afluencia que se encuentran en partes bajas (pisos iniciales, patios de comida, etc.)

3.3.2. Medición de Señal

Para las pruebas de medición de señal existente se requiere el uso de herramientas que nos ayuden a conocer la información en el lugar para lo cual utilizaremos:

- Teléfono de prueba (con software “Nemo Handy”)
- Cámara fotográfica
- Planos del sitio
- Medidor de distancia laser

Las mediciones se realizarán en todos los pasajes de la galería, para garantizar que se tenga constancia de estos se utilizara un equipo móvil que cuenta con un software de la familia Anite - “Nemo Handy”, este equipo (para mi caso un Nokia C8), tiene la capacidad de poder medir señales que van desde el 2G hasta el 4G, además nos brinda la facilidad de poder insertar imágenes que pueden ser usadas como planos y sobre estos ir marcando los puntos dentro de todo nuestro trabajo.

3.3.3. Levantamiento Fotográfico

Para los trabajos de ubicación de antenas y equipos requerimos realizar un levantamiento fotográfico de zonas comunes donde podamos proyectar los equipos a instalar durante los trabajos de implementación, por lo cual utilizando una cámara fotográfica de alta

resolución, realizaremos distinta toma fotográfica para cubrir al máximo las zonas de alta afluencia o puntos críticos dentro de la galería.



Figura 15: Medición de señal y proyección de antenas
Fuente: Elaboración Propia



Figura 16: Proyección Gabinetes BBU/ Rectificador
Fuente: Elaboración Propia



Figura 17: Foto de proyección soportes para RRU

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4. Levantamiento de Información Estructural

La primera parte de la recopilación de información concluye conociendo el escenario real que se puede llegar a tener, considerando que los planos de toda la galería es hecho llegar por el encargado del mismo, mediante esto se toma en cuenta los tipos de paredes (cemento, ladrillo, metal, prefabricado, etc.) que se pudieran tener y que afecten directamente a nuestro trazo de proyección durante la simulación.

3.4. Diseño de la Solución

3.4.1. Análisis de la Información obtenida del TSS

Durante el desarrollo de la fase Diseño el ISP tomará en cuenta la información recabada en el punto anterior y se analizará para conocer el estado actual, son de vital importancia que los datos encontrados sean lo más detallados posibles y se eviten problemas de falsa información que mitiguen la calidad del resultado.

Como fase inicial del diseño se tiene que analizar la información recabada, esta será tabulada con la ayuda de una herramienta que es la interfaz para dispositivos de escritorio del “Nemo Handy”

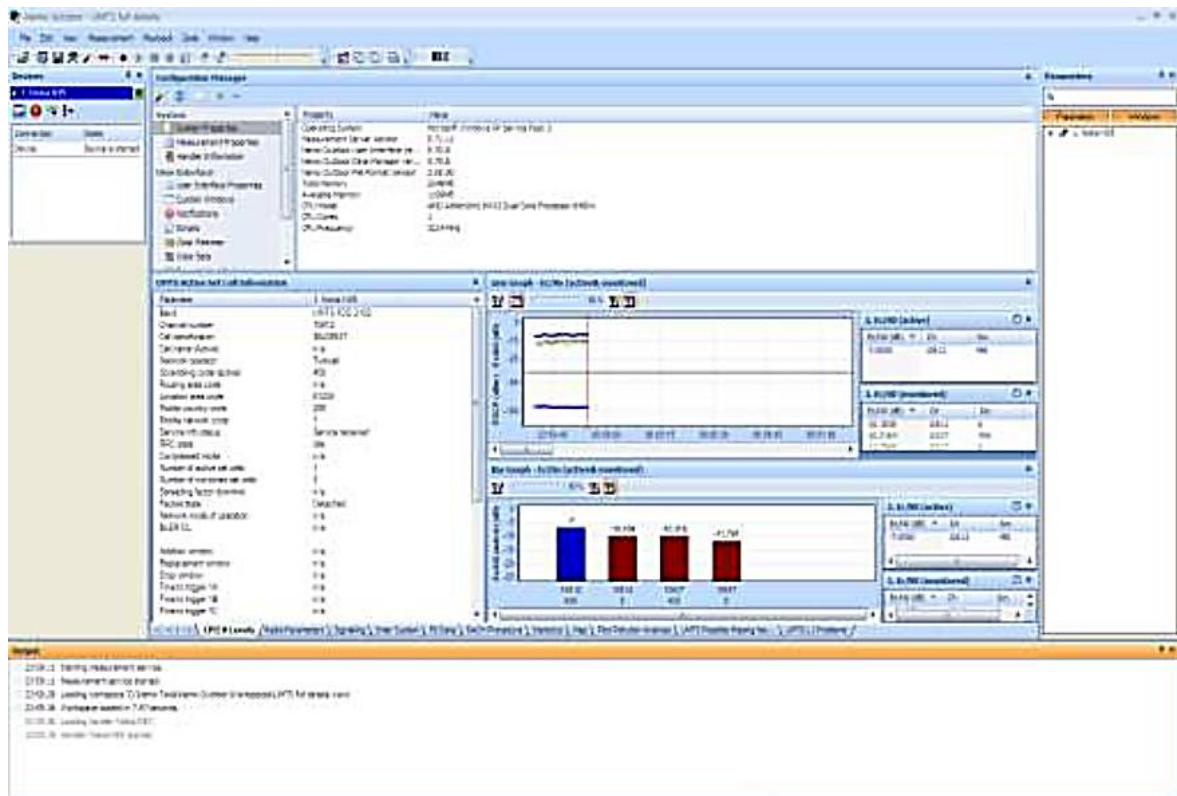


Figura 18: Interfaz Nemo Outdoor

Fuente: Elaboración Propia

Con la ayuda de esta interfaz gráfica se puede obtener lo monitoreado por el equipo móvil durante la visita que se hizo a la galería, a continuación, se muestra el avance que se ha tenido con las mediciones realizadas en la galería, tener en cuenta que estos valores son reales y que fueron obtenidos en campo.

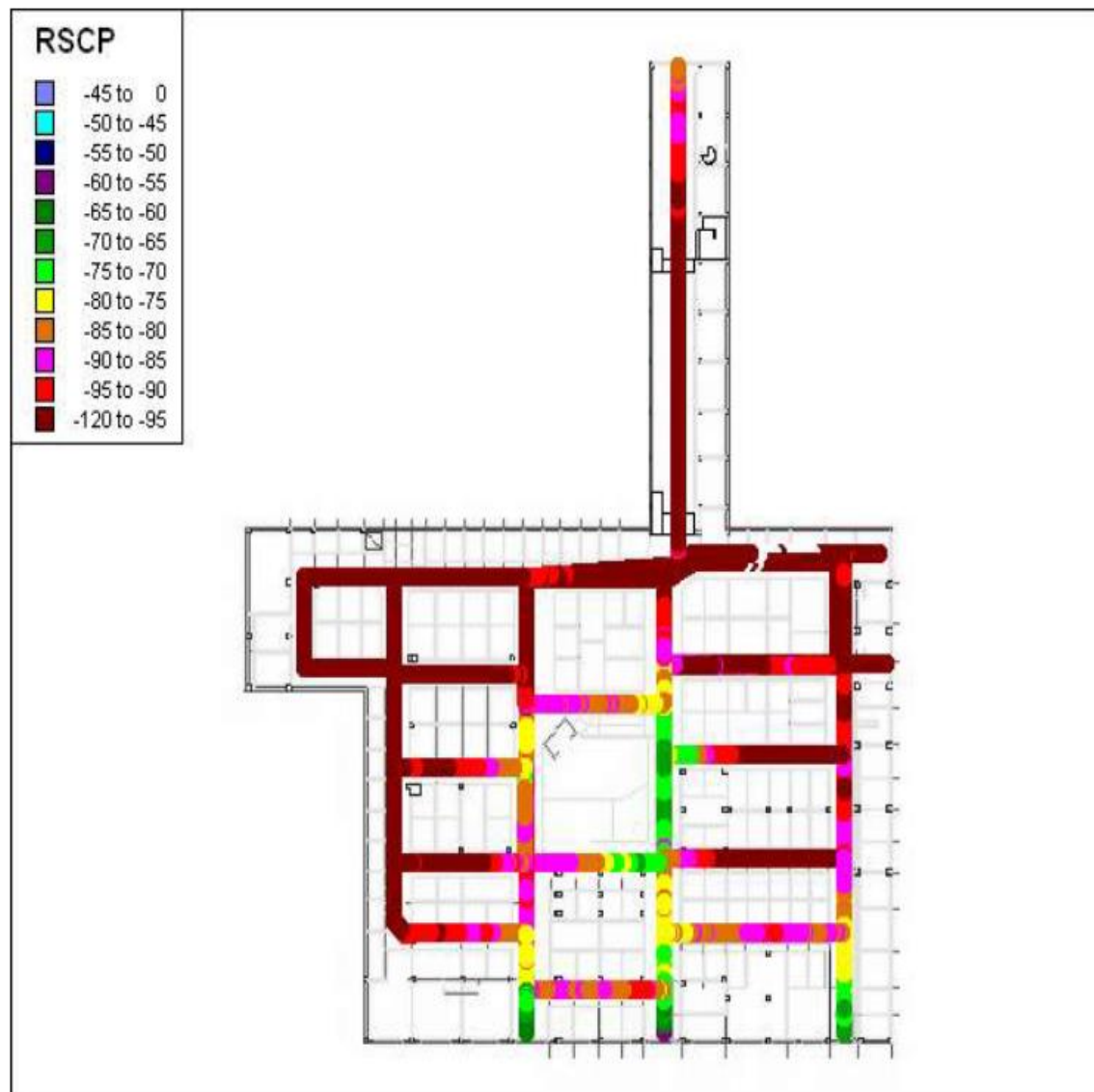


Figura 19: Post proceso piso 1

Fuente: Elaboración Propia

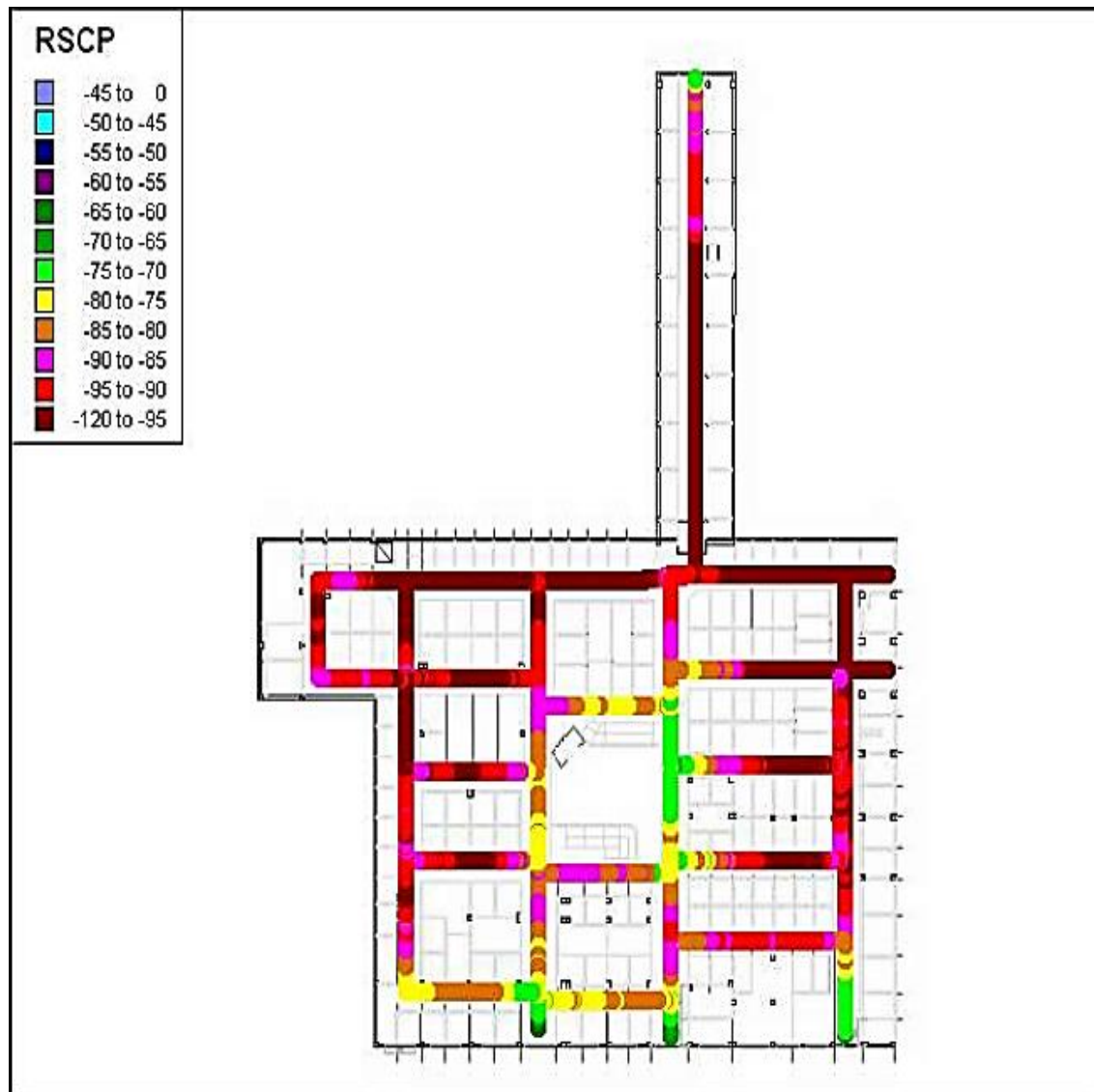


Figura 20: Post proceso piso 2

Fuente: Elaboración Propia

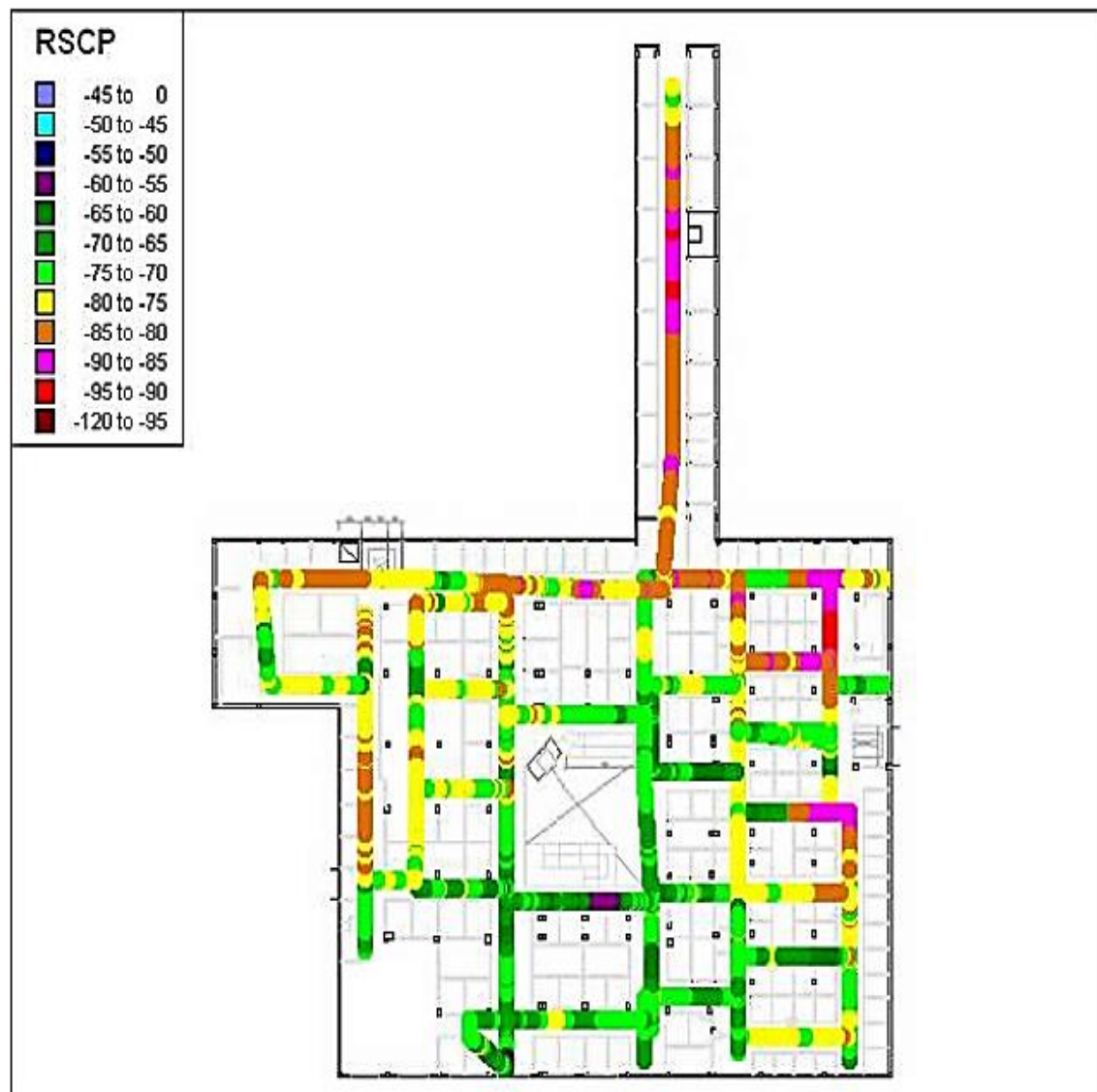


Figura 21: Post proceso piso 3

Fuente: Elaboración Propia

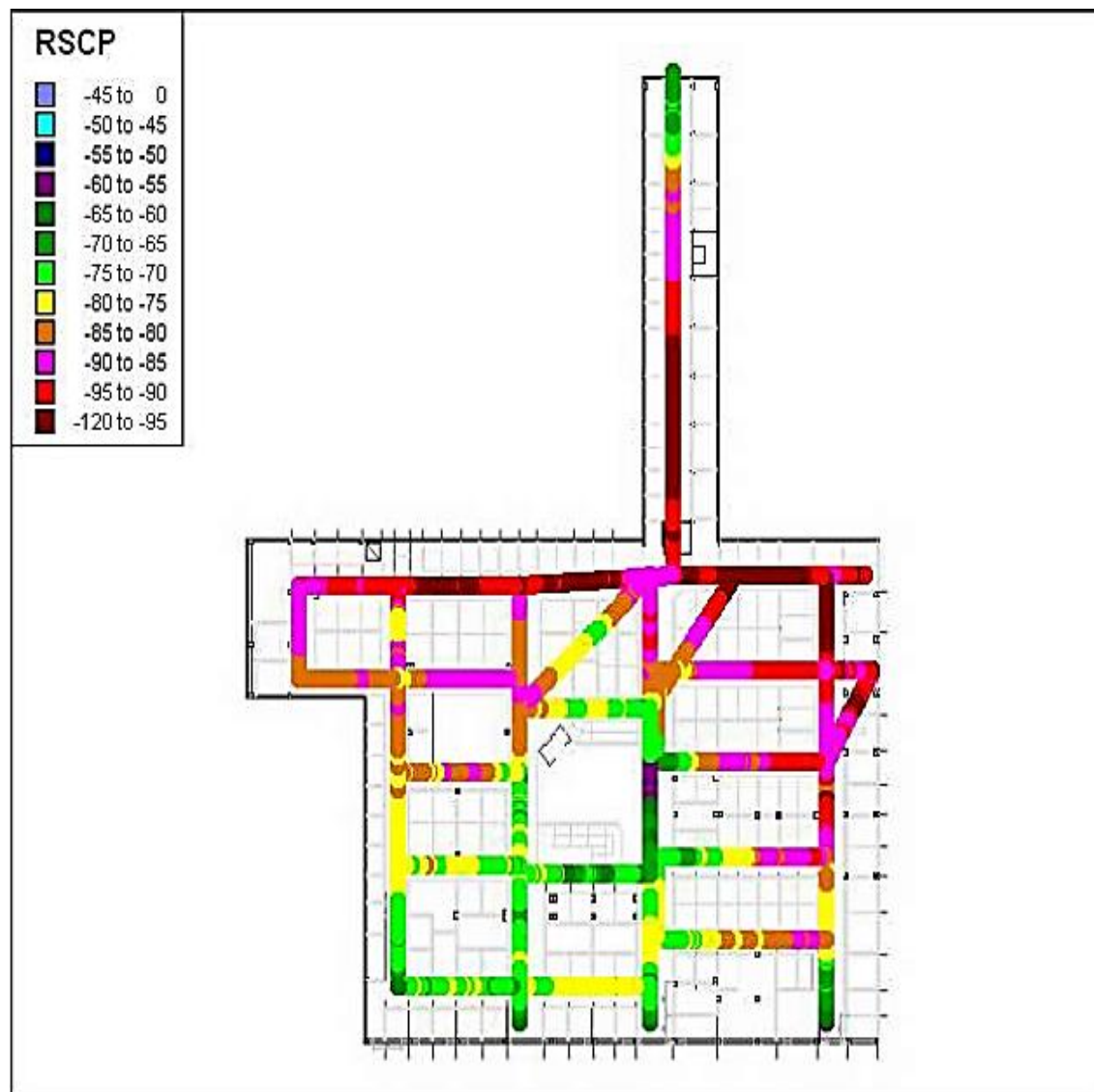


Figura 22: Post proceso piso 4

Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en la figura 7 se ha tomado el RSCP para su análisis según los datos obtenidos con el móvil, tenemos el siguiente detalle:

- Piso 1: de -90 a -120 dbm
- Piso 2: de -90 a -120 dbm
- Piso 3: de -70 a -120 dBm
- Piso 4: de -65 a -85 dBm

Para el desarrollo simulación, se utilizara el software iBwave Design (versión 6.2.7) herramienta que nos ayudara a digitalizar las características reales del lugar, para ello durante el TSS se realizó las verificaciones de medidas de alturas, tipos de paredes (incluido material), etc., a continuación se presenta las predicciones que se han realizado en base a lo obtenido en el Site Indoor Gamarra.

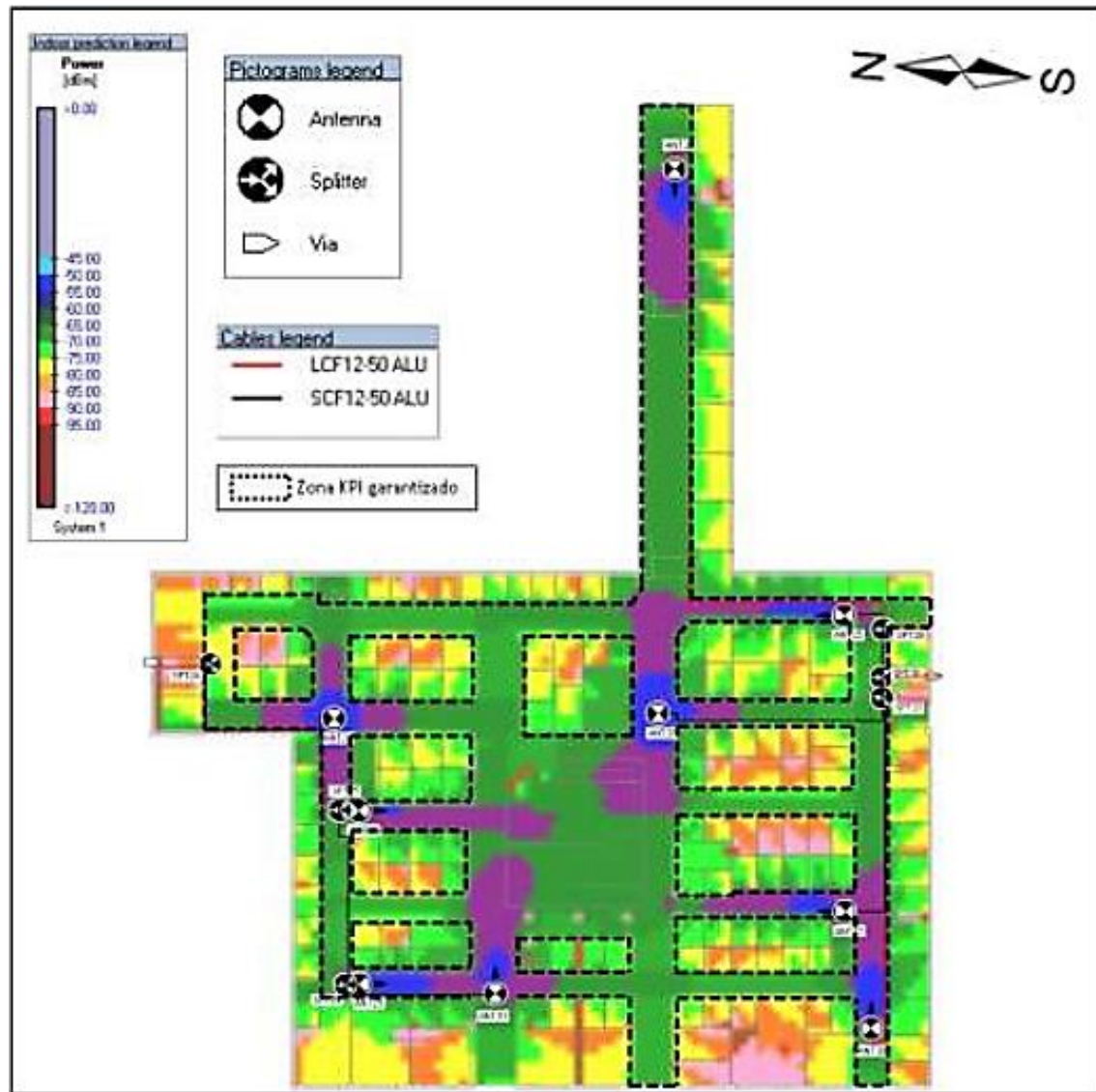


Figura 23: Predicción de cobertura en piso 1

Fuente: Elaboración Propia

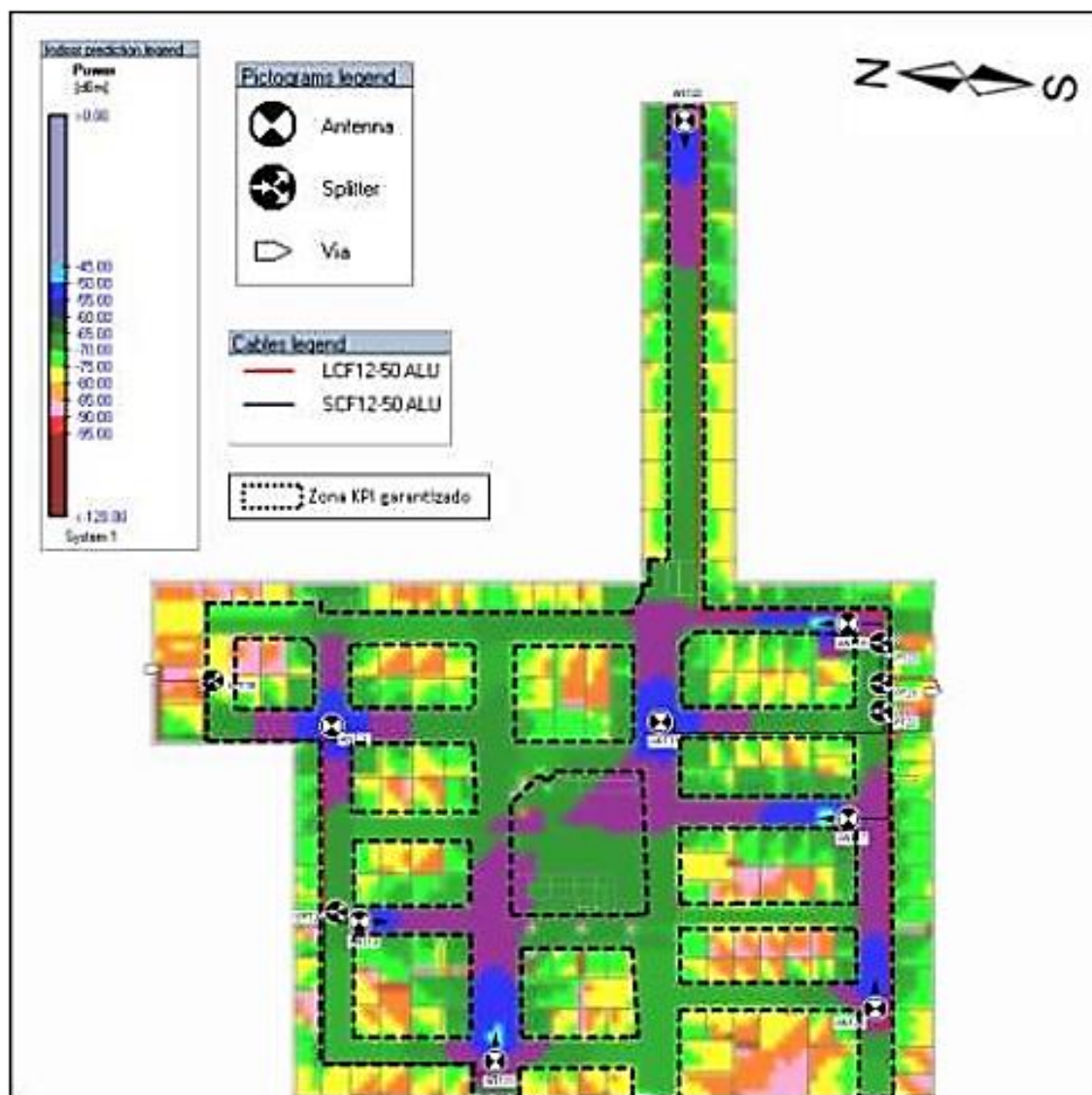


Figura 24: Predicción de cobertura en piso 2

Fuente: Elaboración Propia

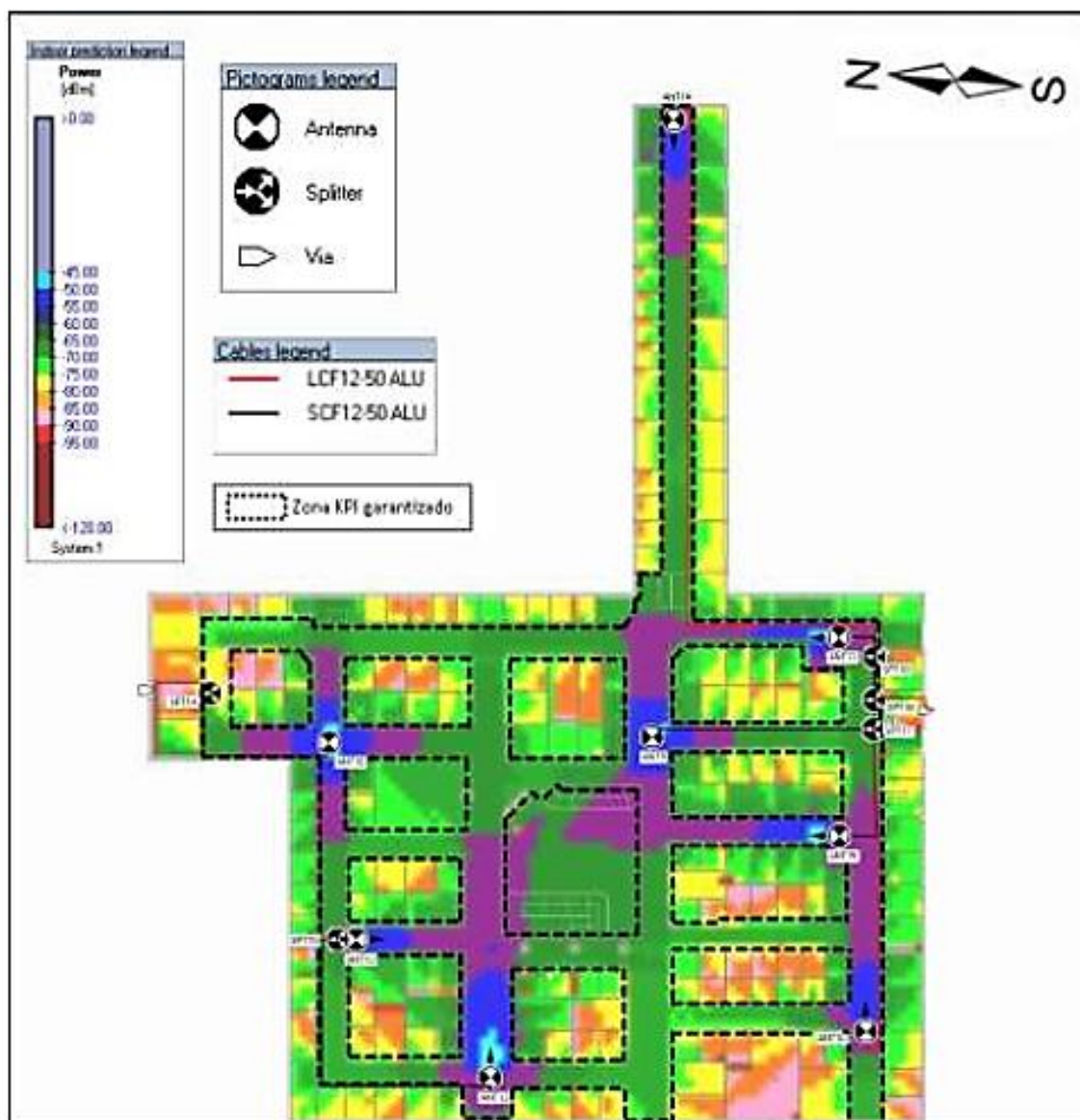


Figura 25: Predicción de cobertura en piso 3

Fuente: Elaboración Propia

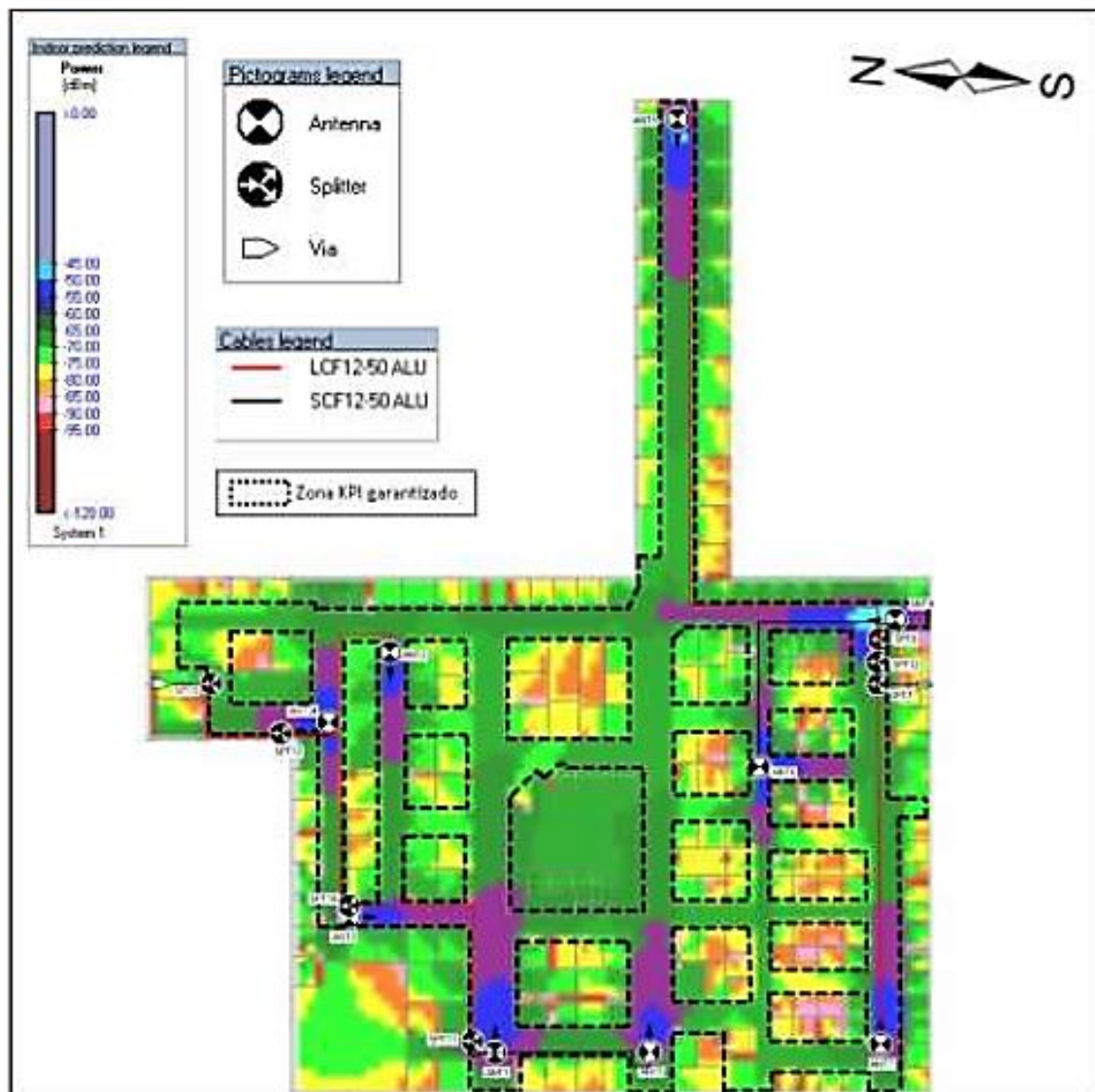


Figura 26: Predicción de cobertura en piso 4

Fuente: Elaboración Propia

Las imágenes mostradas representan lo que se plantea finalizado el proyecto pues como se indicó se han tomado en cuenta las características del lugar estructuralmente, finalmente una vez realizado el análisis se ha realizado la red, tomando los números de antenas necesarias, que garanticen la densidad de señal que se pretende obtener.

Una vez simulado se muestra en el software la vista en 3D de la Galería El Rey de Gamarra.



Figura 27: Vista 3D de la galería

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente previo a la etapa de implementación se presenta el diagrama unifilar que tendrá el proyecto, en donde se puede ver la distribución final de las antenas y ubicación por niveles de la red creada y simulada.

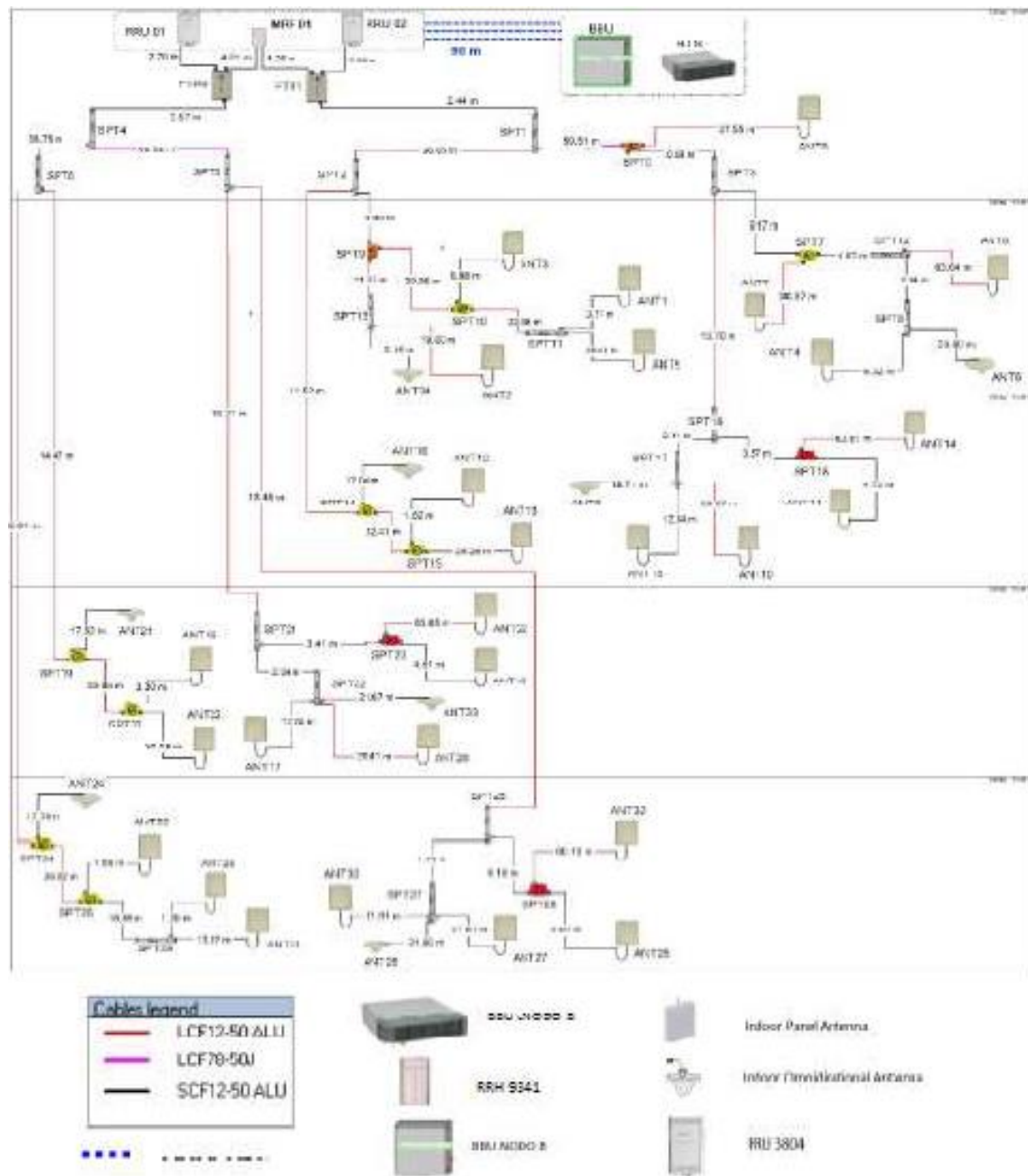


Figura 28: Vista general de distribución de equipos

Fuente: Elaboración Propia

Algunas recomendaciones que se tendrán previas a la instalación serán:

Se proyecta la instalación de un Nodo B (BBU 3900) conectado a 2 Radio Remote Unit (RRU3908) y una tarjeta UBBP eNodo B 4G conectado a 2 Radio Remote Unit (RRU3910). Los equipos serán instalados en el nivel 5 del establecimiento (Nodo B y eNodo B en azotea, RRU's 3G y 4G encima del tanque de agua de la azotea).

- La energía se obtendrá desde un tablero eléctrico cercano a los equipos (azotea), estos están señalado en el diagrama de ubicación.
- La comunicación de las BBU 3G con las RRU's se realiza a través de dos fibras ópticas, de la misma forma, la comunicación de la BBU 4G con las RRU's se realiza a través de dos fibras ópticas. Todas las FO tienen la misma longitud de 90 metros.
- Debido a la infraestructura de la galería, sus dimensiones y su complejidad, algunos muros deberán ser perforados para permitir la instalación. Este planeamiento está conforme a lo señalado por el personal de mantenimiento.
- Respecto a la información del posible horario de instalación, el encargado de mantención indico que el horario tentativo seria durante el día.

3.4.2. Implementación

El presente ISP justifica su implementación con una solución que se amolda a la necesidad del mercado, brindando un estudio e implementación de una red que cuenta tanto con 3G como con 4G, se presentaran ambas tecnologías por un mismo medio sin que esto afecte la capacidad o rendimiento de la red, esta señal nacerá desde un nodo centralizado que se implementara en una zona por definir dentro del local comercial, para esto se brindaran de parte del dueño del local las facilidades para la implementación de una sala de equipos que incluya un punto de energía directo donde se instalara un tablero del cual nacerá la energía (220V) que finalmente llegará al rectificador y los equipos de RF de la siguiente manera.

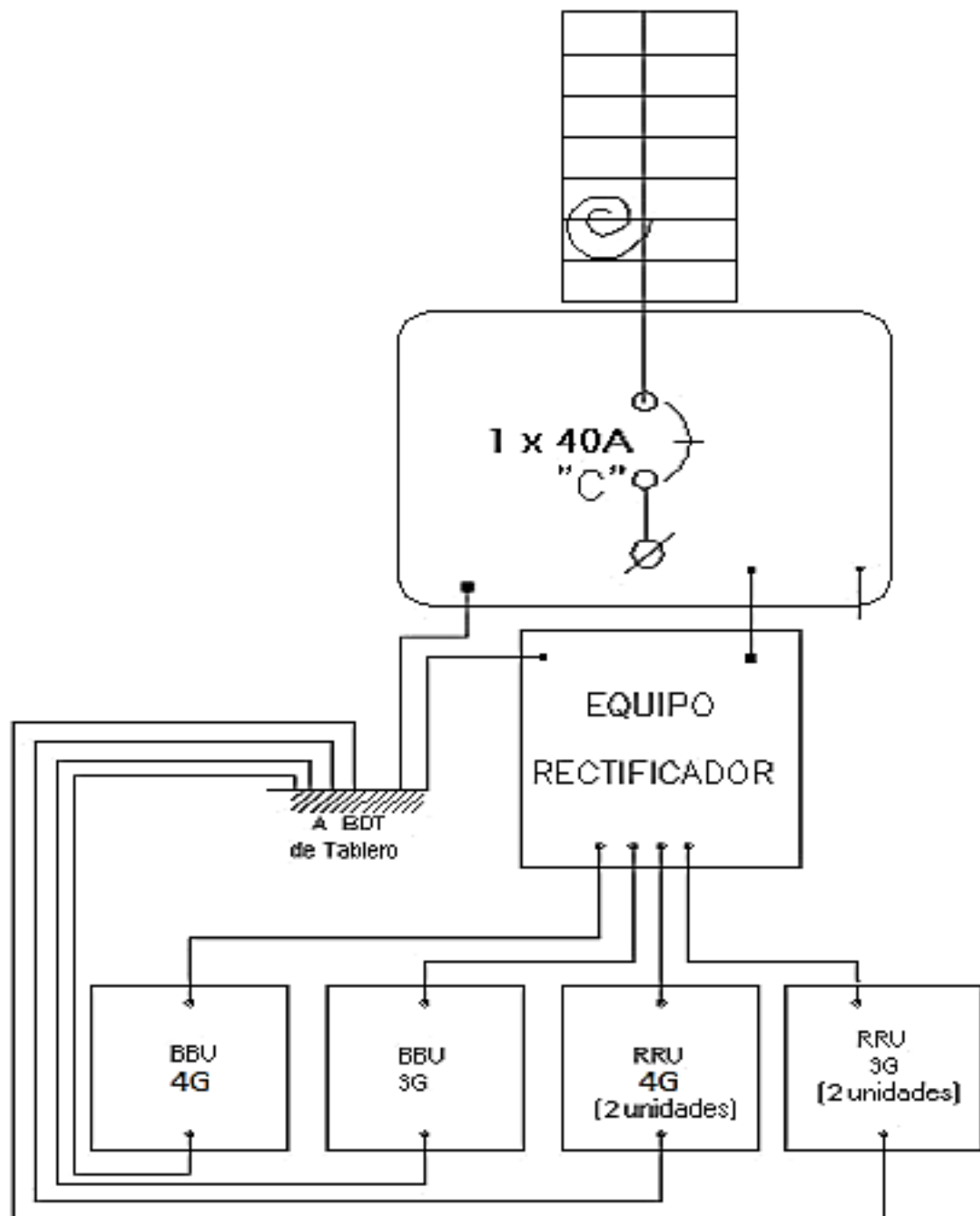


Figura 29: Diagrama Eléctrico BBU (4G/3G)

Fuente: Elaboración Propia

Se proyecta la instalación de equipos centrales en la planta número 5, donde se ubicarán entre otros los equipos de Banda Base, RF y Energía, se brinda un detalle de lo comentado en el siguiente gráfico.

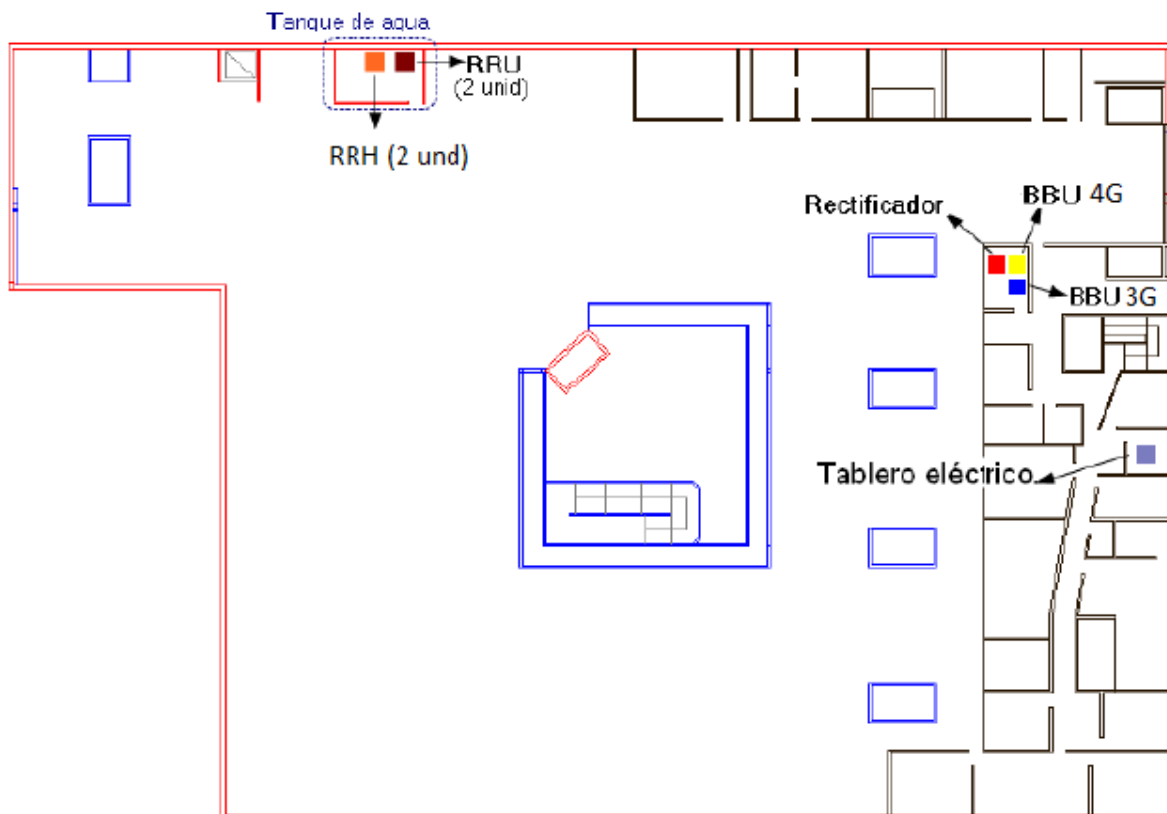


Figura 30: Diagrama de Ubicación Equipos TI (3G/4G)
Fuente: Elaboración Propia

Concluido el análisis del diseño visto en el apartado anterior se realizará el proceso de implementación, donde tenemos un primer recuento de los materiales a utilizar otorgados por el simulador de cobertura, se tomará esto como punto de partida dentro de la instalación y se manejará un 10% de margen de error entre producto y producto, con excepción de las antenas y divisores (splitters).

Los datos mostrados representan la primera parte de la implementación pues en algunos puntos no se consideran materiales extras como son pernería, cintas, grapas, cajas de paso, soportes de antena, etc.

Equipment list report				
Project name: Gamarra		Design company:		
Project creation date:		Designer:		
Type	Manufacturer	Model	Description	Qty
Antenna	RFS	I-ATP1-800/2700	Indoor Panel Antenna - 806-960 MHz/ 1710-2500 MHz / 2500-2700 MHz	27
Antenna	RFS	I-ATO1-698/2700 (ALU)	Indoor Omnidirectional Antenna for CDMA, GSM, DCS, PCS, 3G and WLAN - 698-960 MHz/ 1700-2700 MHz	9
Cable	RFS	LCF78-50J	CELLFLEX - 7/8" Low-Loss Foam Coaxial Cable - In-Building (JFN Types)	121.53 m
Cable	RFS	SCF12-50 ALU	CELLFLEX - 1/2" Coaxial Cable - Superflexible Foam Dielectric	378.03 m
Cable	RFS	LCF12-50 ALU	CELLFLEX - 1/2" Low-Loss Foam Coaxial Cable	746.56 m
Jumper	RFS	SCF12-50 ALU	CELLFLEX - 1/2" Coaxial Cable - Superflexible Foam Dielectric	8 m
Connector	RFS	NF-LCF78-052	N Female RAPID FIT Connector for UCF78-50A Cable	4
Connector	RFS	NM-LCF12 ALU		54
Connector	RFS	715M-LCF12 ALU	715 Male Connector Straight for SCF12-50 Cable	2
Connector	RFS	NM-SCF12 ALU	N Male Connector Straight for SCF12-50 Cable	52
Filter	RFS	DBCS 800/2170	Diplexer, Nf, Indoor 800-860/1710-2170 MHz	2
Splitter	RFS	CD58H-700/2700	directional Coupler, 6 dB, 700-2700 MHz, Type N Connectors	1
Splitter	RFS	CD58I-800/2700	Directional Coupler, 6 dB, 800-2700 MHz, Type N Female Connectors	3
Splitter	RFS	PD3-700/2700	3-way Low Loss - Reactive Power Divider - Wideband 700-2700 MHz - Type N Connectors	3
Splitter	RFS	PD2-700/2700	2-way Low Loss - Reactive Power Divider - Wideband 700-2700 MHz - Type N Connectors	14
Splitter	RFS	CD515E-800/2500	Ultra Wide Band Airline Coupler, 15 dB, 800-2500 MHz, Type N Connectors	1
Splitter	RFS	CD510-800/2700	RFS (10 dB), 800-2700 MHz, Type N Connectors	8
Base Band Unit	Huawei	BBU3910	LTE	1
Radio Frequency module	Huawei	RRU3900	LTE	2
Transceiver	Huawei	RRU3804	AWS	2
Base Band Unit	Huawei	BBU3500	Base Band Unit	1
FD	N/A	N/A	Optical Fiber	4
Rectificador Outdoor	N/A	N/A	Convierte AC a DC estable para módulo 2G y 3G	1

Figura 31: Listado de materiales calculado iBwave

Fuente: Elaboración Propia

Se muestra el detalle de las antenas, divisores y cables de RF a utilizar dentro de la implementación.

Product Data Sheet


I-ATO1-608/2700

RFS

Indoor Omnidirectional Antenna 608-2700 MHz

Product Description

This omnidirectional antenna is specifically designed for broadband in-building distribution of LTE, GSM, CDMA, PCS, 3G, WiFi, WLAN services. The antenna is constructed from lightweight materials suitable for ceiling mounting. The off-white radome blends easily into most building aesthetics.

A photograph of the Indoor Omnidirectional Antenna. It features a white, bowl-shaped radome mounted on a white base. A black cable is attached to the top of the base and extends upwards and to the right, ending in a connector. The antenna is shown against a plain white background.

Indoor Omnidirectional Antenna

Features/Benefits

- LTE ready (700MHz and 2500MHz bands)
- Input power 100Watt maximum
- Broadband, Low VSWR
- Support current main popular communication system
- Aesthetically designed, compact and light weight
- Off-white (ABS) radome
- Extend a Low Loss Cable

Technical Specifications

Product Type	Indoor Omnidirectional Antenna
Application	Indoor
Frequency Range, MHz	608-960/1710-2700
Number of Input Ports	1
Connectors	N
Input Connector Type	N female
Impedance, Ohm	50
VSWR (50 Ohm)	≤ 2.0 (608-960), ≤ 1.5 (960-980/1710-2700).
Total Input Power, W	100 max.
Gain, dBi	2.0 (608-960), 5.0 (1700-2700)
Polarization	Vertical
Connector Cable, mm (in)	165 (7.28)
Radome Material	ABS
Radome Color	White
Mounting Hardware Included	Ceiling mount, fixed with nut
Height (Less Connectors), mm (in)	72 (2.82)
Width (Less Connectors), mm (in)	Ø 170 (6.69)
Weight, kg (lb)	0.4 (0.90)
Environmental Class	Indoor

Figura 32: Antena Indoor Omnidireccional

Fuente: www.rfsworld.com

Indoor Panel Antenna 698-2700 MHz

Product Description

This panel antenna is specifically designed for broadband in-building distribution of LTE/CDMA800/GSM900/GSM1800/3G and WLAN services. The antenna is constructed from lightweight materials suitable for wall mounting. The off-white radome blends easily into most building aesthetics.



Indoor Panel Antenna

Features/Benefits

- LTE ready (700MHz and 2600MHz bands)
- Broadband, coverage 698 to 2700MHz
- UV stable ABS radome
- Aesthetically designed, compact and light weight
- Low VSWR, High gain, Stable performance
- N connector with pigtail

Technical Specifications

Product Type	Indoor Panel Antenna
Application	Indoor
Frequency Range, MHz	698-660/1710-2700
Number of Input Ports	1
Connectors	N
Input Connector Type	N female
Impedance, Ohm	50
VSWR (50 Ohm)	≤ 2.0 (698-845), ≤ 2.2 (895-960), ≤ 1.5 (1710-2700)
Total Input Power, W	50, max.
Gain, dBi	7.0 (698-960), 10 (1710-2700)
Polarization	Vertical
Horizontal Beamwidth, deg	70/60
Vertical Beamwidth, deg	55/45
Connector Cable, mm (in)	150 (5.90)
Radome Material	ABS
Radome Color	White
Mounting Hardware Included	Wall bracket, screws
Height (Less Connectors), mm (in)	44 (1.73)
Width (Less Connectors), mm (in)	180 (7.09)
Length (Less Connectors), mm (in)	210 (8.27)
Weight, kg (lb)	0.4 (0.89)
Environmental Class	Indoor

Figura 33: Antena Indoor Panel

Fuente: www.rfsworld.com

3 Way Power Divider

Product Description

This PDS*E series are Power Splitters, designed to evenly split high power cellular signals with minimal reflections or loss. They are specified to cover 700 - 2700 MHz. The wide frequency ranges of these models allow use with multiband antennas and leaky cable systems. With few solder joints and an air dielectric, the loss is minimal and reliability enhanced.



form as shown or similar

Features/Benefits

- Multiple-Band Frequency Ranges
- 300 Watt Power Rating
- High Reliability
- Low Cost Design for ease of mounting
- N-female Connectors

Technical Specifications

Product Type	Power Divider
Application	Indoor
Frequency Range, MHz	700-2700
Number of Input Ports	1
Number of Output Ports	3
Connectors	N
Input Connector Type	N-female
Output Connector Type	N-female
Impedance, Ohm	50
Insertion Loss, dB	≤ 5.1
VSWR (50 Ohm)	≤ 1.3
Total Input Power, W	300
Max. RF Peak Power, kW	1
DC-Path	all ports
Temperature Range, °C (°F)	-30 to +70 (-22 to 158)
Height (Less Connectors), mm (in)	25.0 (0.98)
Width (Less Connectors), mm (in)	25.0 (0.98)
Length (Less Connectors), mm (in)	232 (9.15)
Mounts in 19" (483mm) EIA Rack	No
Weight, kg (lb)	0.50 (1.10)
Environmental Class	IP65

Figura 34: Divisor de 2 / 3 vías

Fuente: www.rfsworld.com



Dual Band Diplexer

Product Description

RFS model DBCS 800/2700 is a Diplexer which allows combination and separation of the signals in 800 - 960 MHz and the 1710 - 2170 MHz wire-less bands. To minimize band inter-reaction, the inputs are well isolated and have minimal insertion loss over their respective frequency bands. Attention to mechanical design ensures low passive inter-modulation.

image in preparation

Features/Benefits

- Integrates Wireless Bands
- 50 dB Input Isolation
- 100W Power handling
- Minimal RF Insertion Loss
- Rugged, High Reliability
- N female connectors

Technical Specifications


Product Type	Dual Band Diplexer
Application	Indoor
Frequency Range, MHz	800-960/1710-2170
Number of Input Ports	2
Number of Output Ports	1
Connectors	N
Input Connector Type	N-female
Output Connector Type	N-female
Impedance, Ohm	50
Insertion Loss, dB	≤ 0.4
VSWR (50 Ohm)	1.22, max.
Isolation, dB	≥ 50 in band, P1:P2
Total Input Power, W	200
Temperature Range, °C (°F)	-40 to +65 (-40 to 149)
Height (Less Connectors), mm (in)	50.0 (1.97)
Width (Less Connectors), mm (in)	111 (4.37)
Length (Less Connectors), mm (in)	174 (6.85)
Mounts in 19" (483mm) EIA Rack	No
Weight, kg (lb)	1.0 (2.16)
Environmental Class	Indoor

Figura 35: Combinador Duplexor

Fuente: www.rfsworld.com

Product Data Sheet

SCF12-50J




1/2" CELLFLEX® Superflexible Foam-Dielectric Coaxial Cable

Product Description

CELLFLEX® 1/2" superflexible cable

Application: CBV jumpers, VSWR feed transfers to equipment, GPS lines



1/2" CELLFLEX® Superflexible Foam Dielectric Coaxial Cable

Features/Benefits

• Low Attenuation

The low attenuation of CELLFLEX® coaxial cable results in highly efficient signal transfer in your RF system.

• Complete Shielding

The solid outer conductor of CELLFLEX® coaxial cable creates a continuous RF/EMI shield that minimizes system interference.

• Low VSWR

Special low VSWR versions of CELLFLEX® coaxial cables contribute to low system noise.

• Outstanding Intermodulation Performance

CELLFLEX® coaxial cable's solid inner and outer conductors virtually eliminate intermod. Intermodulation performance is also confirmed with state-of-the-art equipment at the RFS factory.

• High Power Rating

Due to their low attenuation, outstanding heat transfer properties and temperature stabilized dielectric materials, CELLFLEX® cable provides safe long term operating life at high transmit power levels.

• Wide Range of Application

Typical areas of application are: feedlines for broadcast and terrestrial microwave antennas, wireless cellular, PCS and ESMR base stations, cabling of antenna arrays, and radio equipment interconnects.

Technical Features

Structure

Inner conductor:	Copper-Clad Aluminum Wire	(mm (in))	3.8 (0.14)
Dielectric:	Foam Polyethylene	(mm (in))	8.3 (0.33)
Outer conductor:	Corrugated Copper	(mm (in))	12.9 (0.48)
Jacket:	Polyethylene, PE	(mm (in))	13.7 (0.54)

Mechanical Properties

Weight, approximately	(kg/m (lb/ft))	0.21 (0.14)
Minimum bending radius, single bending	(mm (in))	32 (1.3)
Minimum bending radius, repeated bending	(mm (in))	32 (1.3)
Bending moment	(Nm (lb-ft))	1.8 (1.33)
Max. tensile force	(N (lb))	850 (148)
Recommended / maximum clamp spacing	(m (ft))	0.30 / 0.30 (1.00 / 1.00)

Electrical Properties

Characteristic impedance	(Ω)	50 ±0.1
Relative propagation velocity	(%)	82
Capacitance	(pF/m (pF/ft))	82.0 (25.0)
Inductance	(μH/m (μH/ft))	0.307 (0.093)
Max. operating frequency	(GHz)	11.7
Jacket spark test RVIS	(V)	5000
Peak power rating	(kW)	30.4
RF Peak voltage rating	(V)	1430
DC-resistance inner conductor	(Ω/km (Ω/1000ft))	2.9 (0.88)
DC-resistance outer conductor	(Ω/km (Ω/1000ft))	4.1 (1.25)

Recommended Temperature Range

Storage temperature	(°C (°F))	-70 to +85 (-64 to +185)
Installation temperature	(°C (°F))	-40 to +60 (-40 to +140)
Operation temperature	(°C (°F))	-50 to +85 (-58 to +185)

Other Characteristics

Fire Performance: Halogen Free

VSWR Performance: Standard

(dB (VSWR))

Other Options:

Phase stabilized and phase matched cables and assemblies are available upon request.

Contact RFS for your VSWR performance specification for your required frequency band.

Frequency [MHz]	Attenuation [dB/100m] [dB/100ft]	Power [kW]
5.8	0.228	0.6887
7.0	0.228	0.6888
7.8	0.250	0.721
8.0	0.256	0.740
10	0.311	0.949
12	0.333	1.01
14	0.345	1.05
16	0.357	1.09
18	0.369	1.13
20	0.381	1.17
22	0.393	1.21
24	0.405	1.25
26	0.417	1.29
28	0.429	1.33
30	0.441	1.37
32	0.453	1.41
34	0.465	1.45
36	0.477	1.49
38	0.489	1.53
40	0.501	1.57
42	0.513	1.61
44	0.525	1.65
46	0.537	1.69
48	0.549	1.73
50	0.561	1.77
52	0.573	1.81
54	0.585	1.85
56	0.597	1.89
58	0.609	1.93
60	0.621	1.97
62	0.633	2.01
64	0.645	2.05
66	0.657	2.09
68	0.669	2.13
70	0.681	2.17
72	0.693	2.21
74	0.705	2.25
76	0.717	2.29
78	0.729	2.33
80	0.741	2.37
82	0.753	2.41
84	0.765	2.45
86	0.777	2.49
88	0.789	2.53
90	0.801	2.57
92	0.813	2.61
94	0.825	2.65
96	0.837	2.69
98	0.849	2.73
100	0.861	2.77
102	0.873	2.81
104	0.885	2.85
106	0.897	2.89
108	0.909	2.93
110	0.921	2.97
112	0.933	3.01
114	0.945	3.05
116	0.957	3.09
118	0.969	3.13
120	0.981	3.17
122	0.993	3.21
124	1.005	3.25
126	1.017	3.29
128	1.029	3.33
130	1.041	3.37
132	1.053	3.41
134	1.065	3.45
136	1.077	3.49
138	1.089	3.53
140	1.101	3.57
142	1.113	3.61
144	1.125	3.65
146	1.137	3.69
148	1.149	3.73
150	1.161	3.77
152	1.173	3.81
154	1.185	3.85
156	1.197	3.89
158	1.209	3.93
160	1.221	3.97
162	1.233	4.01
164	1.245	4.05
166	1.257	4.09
168	1.269	4.13
170	1.281	4.17
172	1.293	4.21
174	1.305	4.25
176	1.317	4.29
178	1.329	4.33
180	1.341	4.37
182	1.353	4.41
184	1.365	4.45
186	1.377	4.49
188	1.389	4.53
190	1.401	4.57
192	1.413	4.61
194	1.425	4.65
196	1.437	4.69
198	1.449	4.73
200	1.461	4.77
202	1.473	4.81
204	1.485	4.85
206	1.497	4.89
208	1.509	4.93
210	1.521	4.97
212	1.533	5.01
214	1.545	5.05
216	1.557	5.09
218	1.569	5.13
220	1.581	5.17
222	1.593	5.21
224	1.605	5.25
226	1.617	5.29
228	1.629	5.33
230	1.641	5.37
232	1.653	5.41
234	1.665	5.45
236	1.677	5.49
238	1.689	5.53
240	1.701	5.57
242	1.713	5.61
244	1.725	5.65
246	1.737	5.69
248	1.749	5.73
250	1.761	5.77
252	1.773	5.81
254	1.785	5.85
256	1.797	5.89
258	1.809	5.93
260	1.821	5.97
262	1.833	6.01
264	1.845	6.05
266	1.857	6.09
268	1.869	6.13
270	1.881	6.17
272	1.893	6.21
274	1.905	6.25
276	1.917	6.29
278	1.929	6.33
280	1.941	6.37
282	1.953	6.41
284	1.965	6.45
286	1.977	6.49
288	1.989	6.53
290	1.999	6.57
292	2.011	6.61
294	2.023	6.65
296	2.035	6.69
298	2.047	6.73
300	2.057	6.77

Attenuation at 20°C (68°F) cable temperature
Max. power rating at 40°C (104°F) ambient temperature

Figura 36: Cable SCF ½
Fuente: www.rfsworld.com

1/2" CELLFLEX® Low-Loss Foam-Dielectric Coaxial Cable

Product Description

CELLFLEX® 1/2" low-loss flexible cable

Application: GSM projects, Main feed transitions to equipment, GPS lines



1/2" CELLFLEX® Low-Loss Foam-Dielectric Coaxial Cable

Features/Benefits

• Low Attenuation

The low attenuation of CELLFLEX® coaxial cable results in highly efficient signal transfer in your RF system.

• Complete Shielding

The solid outer conductor of CELLFLEX® coaxial cable creates a continuous RF/EMI shield that minimizes system interference.

• Low VSWR

Special low VSWR versions of CELLFLEX® coaxial cables contribute to low system noise.

• Outstanding Intermodulation Performance

CELLFLEX® coaxial cables' solid inner and outer conductors virtually eliminate intermodulation performance is also combined with state-of-the-art equipment at the RFS factory.

• High Power Rating

Due to their low attenuation, outstanding heat transfer properties and temperature stabilized dielectric materials, CELLFLEX® cable provides safe long term operating life at high transient power levels.

• Wide Range of Application

Typical areas of application are: feedlines for broadcast and terrestrial microwave antennas, wireless cellular, PCS and GSM base stations, cabling of antenna arrays, and radio equipment interconnects.

Technical Features

Structure

Inner conductor	Copper-Clad Aluminum Wire	[mm (in.)]	4.5 (0.18)
Dielectric	Foam Polyethylene	[mm (in.)]	11.5 (0.45)
Outer conductor	Annulately Stranded Copper	[mm (in.)]	15.6 (0.61)
Jacket	Polyethylene, PE	[mm (in.)]	15.6 (0.61)

Mechanical Properties

Weight, approximately	[kg/m (lb/ft)]	0.22 (0.13)
Minimum bending radius, single bending	[mm (in.)]	75 (3)
Minimum bending radius, repeated bending	[mm (in.)]	125 (5)
Bending moment	[Nm (lb-in)]	0.5 (0.79)
Max. tensile force	[N (lb)]	1100 (247)
Recommended / maximum clamp spacing	[m (ft)]	0.6 (2.0) (0.8 (2.6))

Electrical Properties

Characteristic impedance	[Ω]	50 (± 1)
Relative propagation velocity	[%]	66
Capacitance	[pF/ft (pF/m)]	75.6 (20.2)
Inductance	[nH/ft (nH/m)]	0.190 (0.618)
Max. operating frequency	[GHz]	8.5
Conductor surface finish	[μ]	60000
Peak power rating	[W]	30
RF Peak voltage rating	[V]	1500
DC resistance inner conductor	[Ω/1000ft (Ω/1000m)]	1.67 (0.88)
DC resistance outer conductor	[Ω/1000ft (Ω/1000m)]	2.90 (0.73)

Recommended Temperature Range

Storage temperature	[°C (°F)]	-73 to +85 (-104 to +192)
Installation temperature	[°C (°F)]	-40 to +60 (-40 to +140)
Operating temperature	[°C (°F)]	-50 to +85 (-58 to +185)

Other Characteristics

Fire Performance: Halogen Free

VSWR Performance: Standard

[dB (VSWR)]

Contact RFS for your VSWR performance specification for your required frequency band.

Other Options:

Phase stabilized and phase matched cables and assemblies are available upon request.

Frequency [MHz]	Attenuation [dB/100ft] [dB/30m]	Power [kW]
6.5	0.149	0.0004
10	0.21	0.0043
15	0.256	0.0250
20	0.29	0.0570
30	0.35	0.102
40	0.40	0.15
50	0.44	0.20
60	0.47	0.25
70	0.50	0.30
80	0.52	0.35
90	0.54	0.40
100	0.56	0.45
120	0.59	0.55
140	0.62	0.65
160	0.64	0.75
180	0.66	0.85
200	0.68	0.95
250	0.72	1.25
300	0.76	1.60
350	0.80	2.00
400	0.84	2.40
450	0.88	2.80
500	0.92	3.20
600	1.00	4.00
700	1.08	4.80
800	1.16	5.60
900	1.24	6.40
1000	1.32	7.20
1200	1.40	8.00
1400	1.48	8.80
1600	1.56	9.60
1800	1.64	10.40
2000	1.72	11.20
2500	1.84	14.40
3000	1.96	17.60
3500	2.08	20.80
4000	2.20	24.00
4500	2.32	27.20
5000	2.44	30.40
6000	2.64	36.00
7000	2.84	41.60
8000	3.04	47.20
9000	3.24	52.80
10000	3.44	58.40

Attenuation at 25°C (77°F) cable temperature
Max. power rating at 25°C (77°F) ambient temperature

Figura 37: Cable LCF 1/2

Fuente: www.rfsworld.com

Product Data Sheet

LCF78-50JL

RFS

7/8" CELLFLEX® Lite Low-Loss Foam-Dielectric Coaxial Cable

Product Description

CELLFLEX® Lite 7/8" low loss flexible cable

Application: Main feed line

7/8" CELLFLEX® Lite Low-Loss Foam Dielectric Coaxial Cable

Features/Benefits

- It represents a light-weight transmission line solution. The light weight of CELLFLEX® Lite coaxial cable results in reduced work-force and lifting gear.
- It is easy to transport, handle and install. CELLFLEX® Lite coaxial cables enable savings in shipping cost.
- It exhibits a cost-efficient alternative to copper transmission line. CELLFLEX® Lite coaxial cable helps to reduce CAPEX spending.
- It offers a user-friendly compatibility with RFS's existing range of accessories. CELLFLEX® Lite coaxial cable requires less inventory additions, thus reduced OPEX.
- It enables trouble-free installation and operation. CELLFLEX® Lite coaxial cable avoids downtime and reduces OPEX.
- The attenuation is comparable to the industry standard in traditional cable. CELLFLEX® Lite coaxial cable maintains uncompromised coverage.
- Specially developed connectors exhibit low and stable intermodulation performance. CELLFLEX® Lite coaxial cable exceeds present PIM standards ensuring no dropped calls.
- It is available with UV-resistant polyethylene or flame-retardant jackets. CELLFLEX® Lite coaxial cable can be used outside and in indoor applications where restrictions apply.
- It exceeds industry standard for return loss performance. CELLFLEX® Lite coaxial cable means zero risk in network planning.

Technical Features

Structure			
Inner conductor:	Copper Tube	(mm/in)	9.3 (0.37)
Dielectric:	Foam Polyethylene	(mm/in)	21.5 (0.85)
Outer conductor:	Corrugated Aluminium	(mm/in)	35.2 (0.96)
Jacket:	Polyethylene, PE	(mm/in)	27.8 (1.09)

Mechanical Properties			
Weight, approximately	(kg/m (lb/ft))	0.99 (0.24)	
Minimum bending radius, single bending	(mm/in)	120 (5)	
Minimum bending radius, repeated bending	(mm/in)	250 (10)	
Bending moment	(Nm (lb-ft))	13.0 (9.5)	
Max. tensile force	(N (lb))	1440 (324)	
Recommended / maximum clamp spacing	(m (ft))	0.8 / 1.0 (2.6 / 3.28)	

Electrical Properties			
Characteristic impedance	(Ω)	50 ± 1	
Relative propagation velocity	(%)	90	
Capacitance	(pF/m (pF/ft))	75.0 (22.9)	
Inductance	(µH/m (µH/ft))	0.1875 (0.057)	
Max. operating frequency	(GHz)	5	
Jacket spark test RMS	(V)	5000	
Peak power rating	(kW)	55	
RF Peak voltage rating	(V)	2500	
DC-resistance inner conductor	(Ω/km (Ω/1000ft))	1.54 (0.469)	
DC-resistance outer conductor	(Ω/km (Ω/1000ft))	1.42 (0.43)	

Recommended Temperature Range			
Storage temperature	(°C (°F))	-70 to +85 (-94 to +185)	
Installation temperature	(°C (°F))	-40 to +60 (-40 to +140)	
Operation temperature	(°C (°F))	-50 to +85 (-58 to +185)	

Other Characteristics

Flame Performance:	Halogen Free		
VSWR Performance:	Standard	(dB (VSWR))	15 (1.288:1)
Other Options:	Phase stabilized and phase matched cables and assemblies are available upon request.		

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100m) (dB/100ft)	Power (kW)
0.5	0.072	2.000
1.0	0.143	1.000
1.5	0.211	0.667
2.0	0.279	0.500
3.0	0.418	0.333
4.0	0.546	0.250
5.0	0.675	0.200
6.0	0.803	0.167
8.0	1.041	0.125
10.0	1.279	0.100
15.0	1.917	0.067
20.0	2.555	0.050
30.0	3.793	0.033
40.0	5.031	0.025
50.0	6.269	0.020
60.0	7.507	0.017
80.0	9.745	0.013
100.0	11.983	0.010
150.0	17.971	0.007
200.0	23.959	0.005
300.0	35.947	0.003
400.0	47.935	0.002
500.0	59.923	0.002
600.0	71.911	0.001
800.0	93.899	0.001
1000.0	115.887	0.001

Attenuation at 20°C (68°F) cable temperature
Peak power rating at 40°C (104°F) ambient temperature

RFS The Clear Choice®

LCF78-50JL

Rev: B / 16.DEC.2010

Figura 38: Cable LCF 7/8
Fuente: www.rfsworld.com

Item	Specification
Input power	-48 V DC; voltage range: -36 V DC to -57 V DC

Item	Specification
Dimension (H x W x D)	485 mm × 380 mm × 170 mm (with the housing)
Weight	23 kg (with the housing)

Mode	Receiver Sensitivity	
UMTS	-125.5 dBm	<ul style="list-style-type: none"> As recommended in 3GPP TS25.104, the receiver sensitivity (full band) is measured at the antenna connector on condition that the channel rate reaches 12.2 kbit/s and the Bit Error Rate (BER) does not exceed 0.001. Frequency band (MHz): 890 to 915, 935 to 960, 1800
	-125.3 dBm	<ul style="list-style-type: none"> As recommended in 3GPP TS25.104, the receiver sensitivity (full band) is measured at the antenna connector on condition that the channel rate reaches 12.2 kbit/s and the BER does not exceed 0.001. Frequency band (MHz): 880 to 915, 925 to 960
GSM	-113.5 dBm	Frequency band (MHz): 890 to 915, 935 to 960
	-113.3 dBm	Frequency band (MHz): 880 to 915, 925 to 960
	-113.8 dBm	Frequency band (MHz): 1800

Figura 39: Radio Remote Unit 3908
Fuente: www.huawei.com

Mode	Capacity
GSM	S24/24/24
UMTS	S8/8/8 (2,304 CEs in the UL and 2,304 CEs + 15 × 24 HSDPA codes in the DL)
GSM+UMTS	GSM S24/24/24 + UMTS S8/8/8 (2,304 CEs in the UL and 2,304 CEs + 15 × 24 HSDPA codes in the DL)
LTE	<ul style="list-style-type: none"> 4×2 MIMO: 6 cells(5MHz/10MHz/15 MHz/20MHz) 2×2 MIMO: 12 cells(5MHz/10MHz/15 MHz/20MHz)

Item	Specification
Input power	-48 V DC; voltage range: -38.4 V DC to -57 V DC

Item	Specification
Dimension (H x W x D)	86 mm × 442mm × 310 mm
Weight	BBU3900 ≤ 12 kg (in full configuration) BBU3900 ≤ 7 kg (in typical configuration)

Item	Specification
Operating temperature	-20°C to +55°C
Relative humidity	5% RH to 95% RH
Protection rating	IP20

Figura 40: Band Base Unit 3900
Fuente: www.huawei.com

3.4.2.1. Planimetrías

Previamente a la instalación debemos de conocer la ubicación final de las antenas y recorridos de los cableados a instalar, para ello utilizaremos el plano real considerando ductos, canaletas, vías de paso y muros, teniendo en cuenta las limitaciones que se nos pudieran presentar durante la implementación (zonas bloqueadas, áreas comunes, etc.) y tomando la característica de los elementos a implementar; se presenta a continuación las planimetrías a considerar:

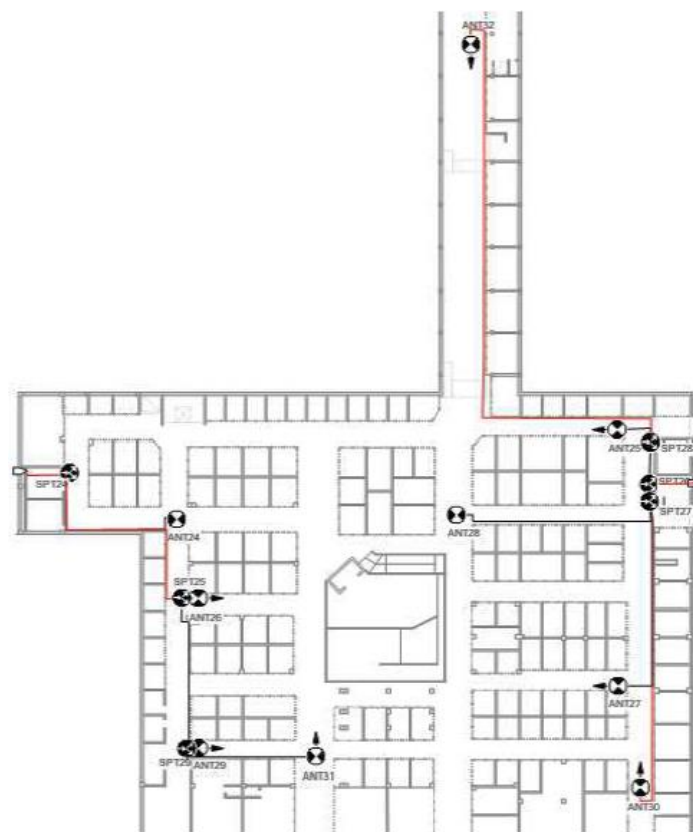
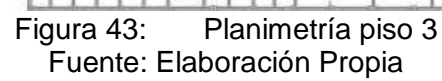
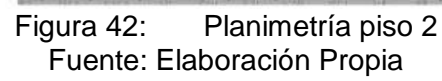


Figura 41: Planimetría piso 1

Fuente: Elaboración Propia



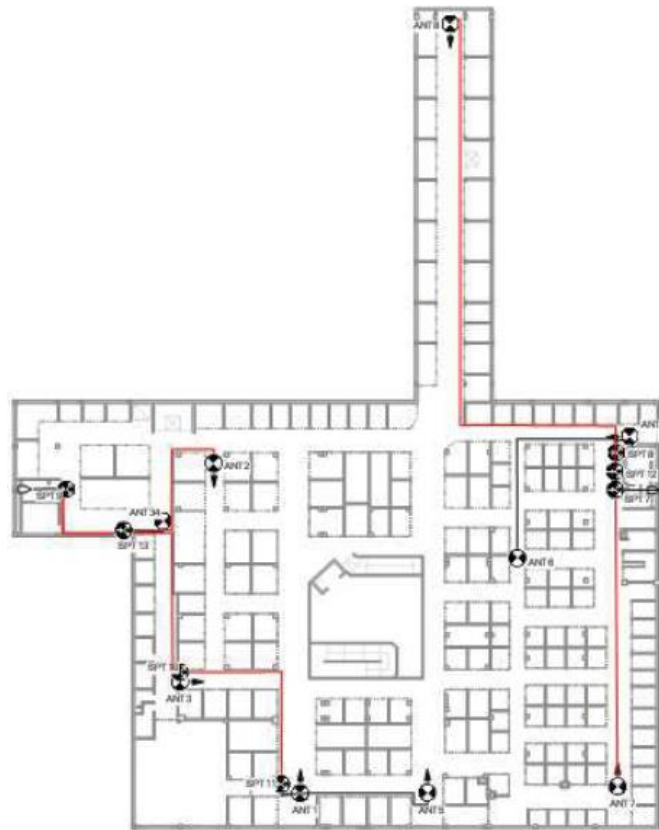


Figura 44: Planimetría piso 4
Fuente: Elaboración Propia

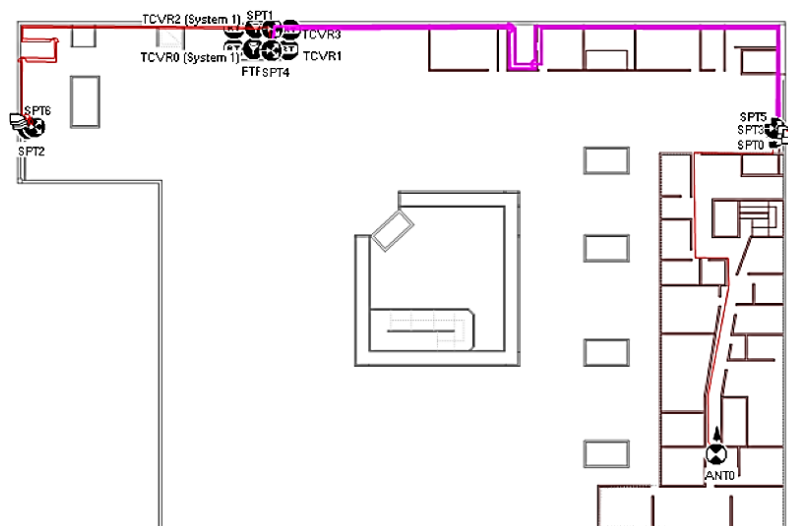


Figura 45: Planimetría piso 5
Fuente: Elaboración Propia

Teniendo el diseño y planimetrías ya definidas, se procedió a realizar la implementación de todo el sistema de pasivos y activos dentro de la galería, tomándonos alrededor de 1 mes para su total implementación, obteniendo los siguientes resultados. Considerar que

solo se colocan algunas fotos de lo implementado, en el anexo “REPORTE FOTOGRAFICO” se considerará el íntegro de fotografías de los elementos implementados.



Figura 46: Vista de equipos pasivos piso 1

Fuente: Elaboración Propia



Figura 47: Vista de equipos TI piso 5

Fuente: Elaboración Propia

Para garantizar el correcto funcionamiento de los cables para cobertura, se considera las mediciones de ROE en todas las líneas de la forma carga/cable, carga/antena, carga/splitter en todos los casos incluido conectores, además de medición de líneas completas (VSWR y DTF). Considerar el íntegro de las mediciones en el anexo “MEDICIÓN DE LINEAS DE SISTEMA RADIANTE”.

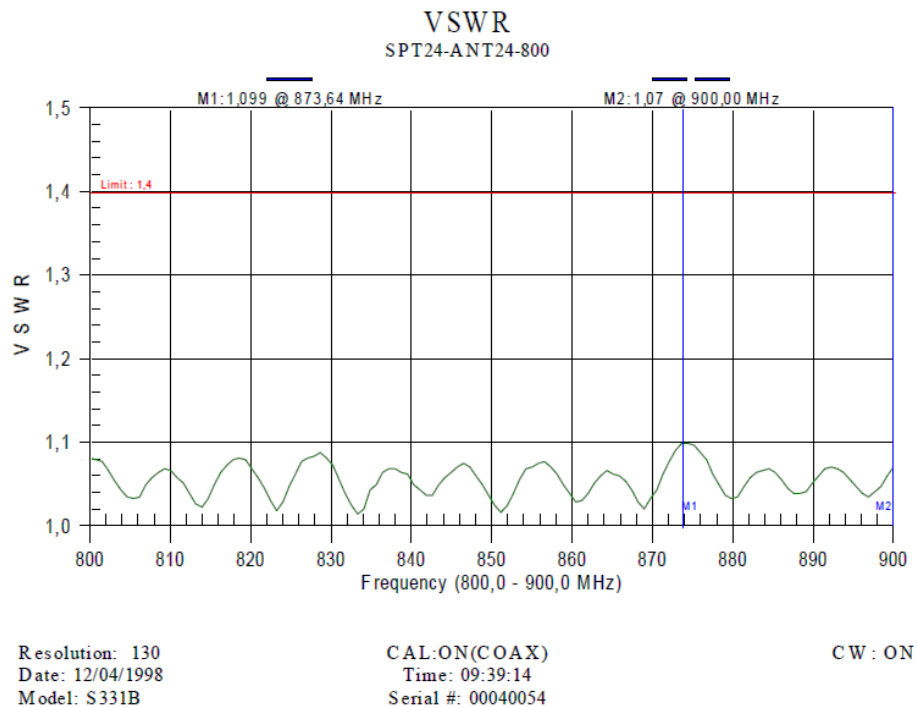


Figura 48: Medición VSWR Splitter 24 to Antena 24
Fuente: Elaboración Propia

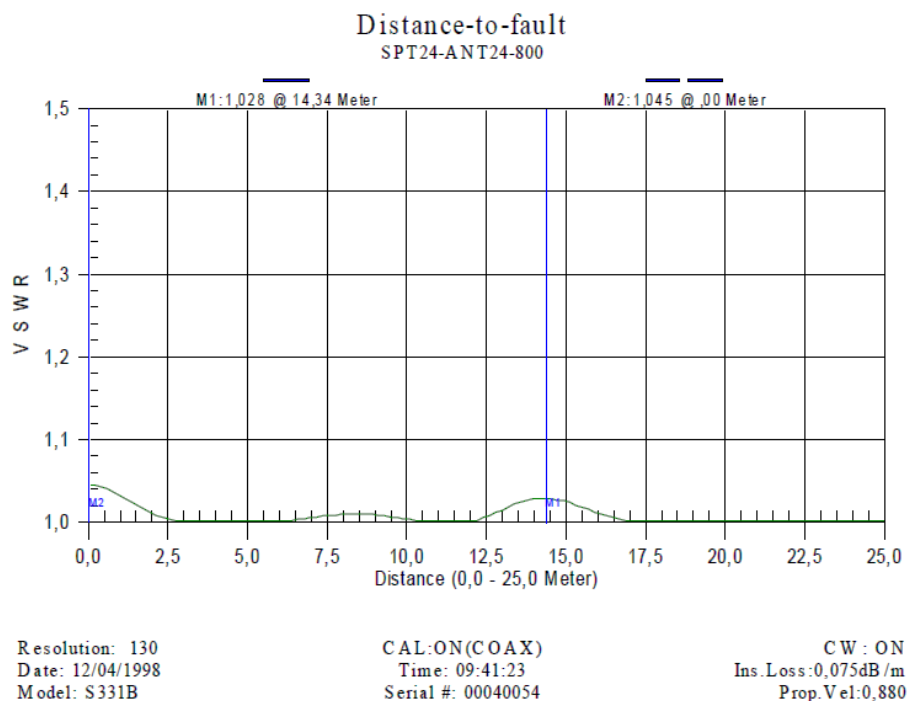


Figura 49: Medición DTF Splitter 24 to Antena 24
Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1. Resultados

En este capítulo se mostrarán los resultados obtenidos dentro de la galería “El Rey de Gamarra”, considerando la implementación de activos de comunicación y pasivos de comunicación ya realizada.

Este análisis posterior incluirá la medición de cobertura dentro de la galería tomando como inicio el primer piso de la galería y terminando en el quinto piso (zona administrativa), esta información se podrá confrontar con la información obtenida en la primera visita; con ello podremos saber si la solución brindada tiene un efecto positivo y cumple con los objetivos que se indicaron en el capítulo 2 de este documento. Los parámetros de KPI solicitados por el cliente tienen los siguientes valores.

Tabla 1. KPI's Requeridos		
KPI	Umbral	Muestras
RSCP Indoor	≥ -85 dBm	$\geq 95\%$
Ec/No	≥ -6 dBm	$\geq 90\%$
Best Server	-	$\geq 95\%$
Throughput		
DL	≥ 1.5 Mbps	$\geq 80\%$
Throughput		
UL	≥ 128 Kbps	$\geq 75\%$
UE Tx Power	≤ -10 dBm	$\geq 80\%$

Fuente: Elaboración Propia

Para estos resultados se realizó el mismo procedimiento walk test el cual nos permitió ver el estado actual en la cobertura móvil del lugar; esto nos ayudó a obtener la información

inicial y final del lugar. Considerar el íntegro de las mediciones en el anexo “ANEXO FAC
EL REY DE GAMARRA”.

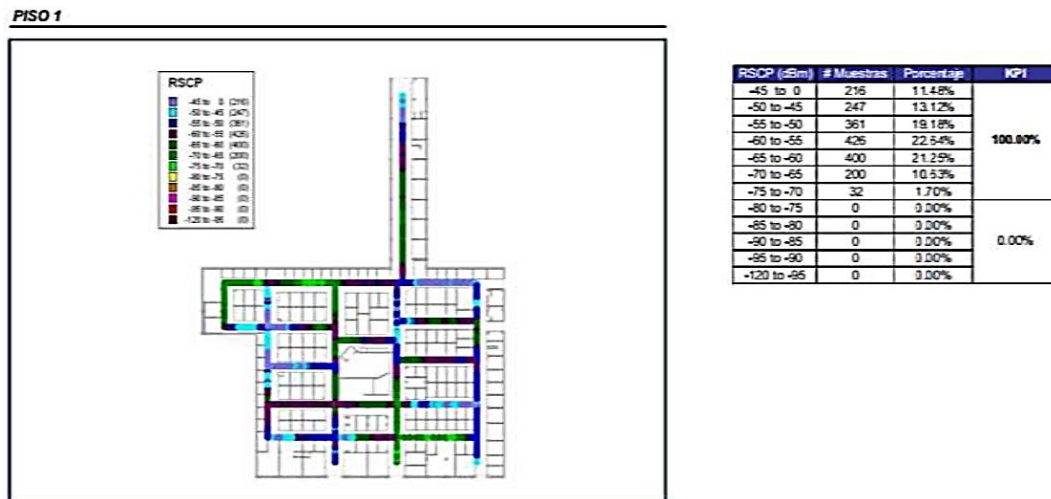


Figura 50: Nivel RSCP piso 1 + KPI's

Fuente: Elaboración Propia

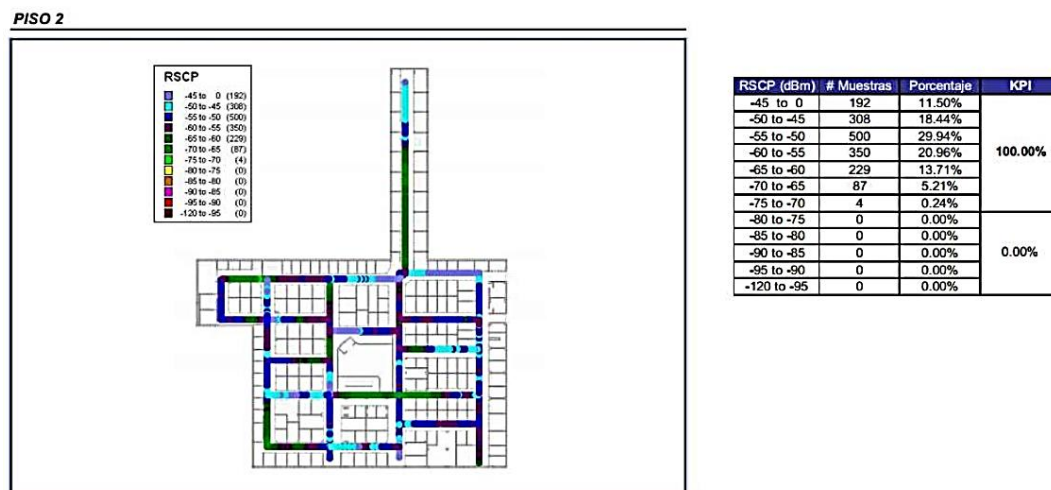


Figura 51: Nivel RSCP piso 2 + KPI's

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Presupuesto

A continuación se realiza el análisis económico de la red implementada, los costos se toman en cuenta al momento en el cual fue realizada la implementación (año 2014). Tomando en cuenta el dimensionamiento del proyecto, se detallan los costos de implementación:

Tabla 2: Costo de Materiales

Item	Tipo	Descripción	Cantidad	Unid	Costo	Total
1	BTS	BBU3900	1	Und	\$30,000.00	\$30,000.00
2	BTS	WBBP LTE 700-2600 MHz	1	Und	\$15,000.00	\$15,000.00
3	BTS	RRU3908 Soporta UMTS + LTE	4	Und	\$5,000.00	\$20,000.00
4	Rectificador	Rectificador + 8 bancos de baterías	1	Und	\$8,500.00	\$8,500.00
5	Antena	Indoor Omnidirectional Antenna for CDMA, GSM, DCS, PCS, 3G, LTE - 698-960 MHz /	8	Und	\$29.92	\$239.36
6	Antena	Indoor Panel Antenna for CDMA, GSM, DCS, PCS, 3G and LTE - 806-960 MHz / 1710-2500 MHz / 2500-2700 MHz	27	Und	\$45.71	\$1,234.17
7	Cable	CELLFLEX - Low Loss Foam Cable 7/8" - A-Series - Ultra Wideband	121.53	Mt	\$6.80	\$826.40
8	Cable	SCF12-50 CELLFLEX - 1/2" Coaxial Cable - Superflexible Foam Dielectric	378.03	Mt	\$2.41	\$911.05
9	Cable	LCF12-50 CELLFLEX - 1/2" Low Loss Foam Coaxial Cable	746.96	Mt	\$3.55	\$2,651.71
10	Conector	N Female RAPID FIT Connector for UCF78-50A Cable	4	Und	\$14.25	\$57.00
11	Conector	N Male Connector for LCF-12-50 Cable	54	Und	\$5.87	\$316.98
12	Conector	N Male Connector Straight for SCF12-50 Cable	82	Und	\$13.56	\$1,111.92
13	Conector	716 Male Connector Straight for LCF12-50 Cable	4	Und	\$11.45	\$45.80
14	Filter	Diplexer, allows combination and separation of ths signals in 800-960MHz and the 1710-2170 MHz wireless bands	1	Und	\$310.80	\$310.80
15	Splitter	2-way Low Loss - Reactive Power Divider – Wideband 698-2700 MHz - Type N Connectors	14	Und	\$39.89	\$558.46
16	Splitter	3-way Low Loss - Reactive Power Divider - Wideband 698-2700 MHz - Type N Connectors	3	Und	\$39.89	\$119.67
17	Splitter	Directional Coupler, 8 dB, 700 - 2700 MHz, Type N Connectors	3	Und	\$43.35	\$130.05
Presupuesto de Materiales						\$82,013.37
						S/. 263,919.038

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3: Costos de Implementación

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Total
1	Estudio de campo y medición de cobertura celular	1	Und	S/. 1,200.00	S/. 1,200.00
2	Elaboración del proyecto de ingeniería e informes	1	Und	S/. 4,000.00	S/. 4,000.00
3	Instalación de BBU3900	1	Und	S/. 350.00	S/. 350.00
4	Instalación de RRU3908	4	Und	S/. 450.00	S/. 1,800.00
5	Comisionamiento e integración de la BTS	2	Und	S/. 520.00	S/. 1,040.00
6	Instalación del sistema del rectificador con bancos de baterías	1	Und	S/. 3,500.00	S/. 3,500.00
7	Instalación del gabinete de transmisión	1	Und	S/. 1,000.00	S/. 1,000.00
8	Instalación de antena indoor	35	Und	S/. 170.00	S/. 5,950.00
9	Instalación de splitter, tap splitter o filtro	21	Und	S/. 70.00	S/. 1,470.00
10	Instalación de cable coaxial SCF12-50 (CELLFLEX - 1/2" Superflexible Foam)	1124.99	Mt	S/. 8.00	S/. 8,999.92
11	Instalación de cable coaxial LCF78-50J (CELLFLEX - 7/8" Low-Loss Foam)	121.53	Mt	S/. 20.00	S/. 2,430.60
12	Instalación de conector NM-LCF12	54	Und	S/. 18.00	S/. 972.00
13	Instalación de conector NM-SCF12	82	Und	S/. 18.00	S/. 1,476.00
14	Instalación de conector 716M-SCF12	8	Und	S/. 20.00	S/. 160.00
15	Medición final de cobertura celular (WT y DT) y elaboración de informes	1	Und	S/. 4,000.00	S/. 4,000.00
Presupuesto de instalación					S/. 38,348.520

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4: Costo Total

Costo de Equipamiento	S/. 263,919.038
Costo de Instalación	S/. 38,348.520
Costo de Implementación	S/. 302,267.558

Fuente: Elaboración Propia

Se considera el tipo de cambio en S/2.90 por cada dólar lo cual nos indica que el presupuesto de materiales es de S/. 263,919.038 más el presupuesto de instalación que asciende a S/ 38,348.520 con lo cual nos da un costo total de S/ 302,267.558 para la instalación y puesta en servicio del sistema a implementar.

4.3 Cronograma

La proyección se requirió de un cronograma de actividades que involucre el global del proyecto. A continuación, se muestra el cronograma de todo el proyecto.

Diagrama de Gantt

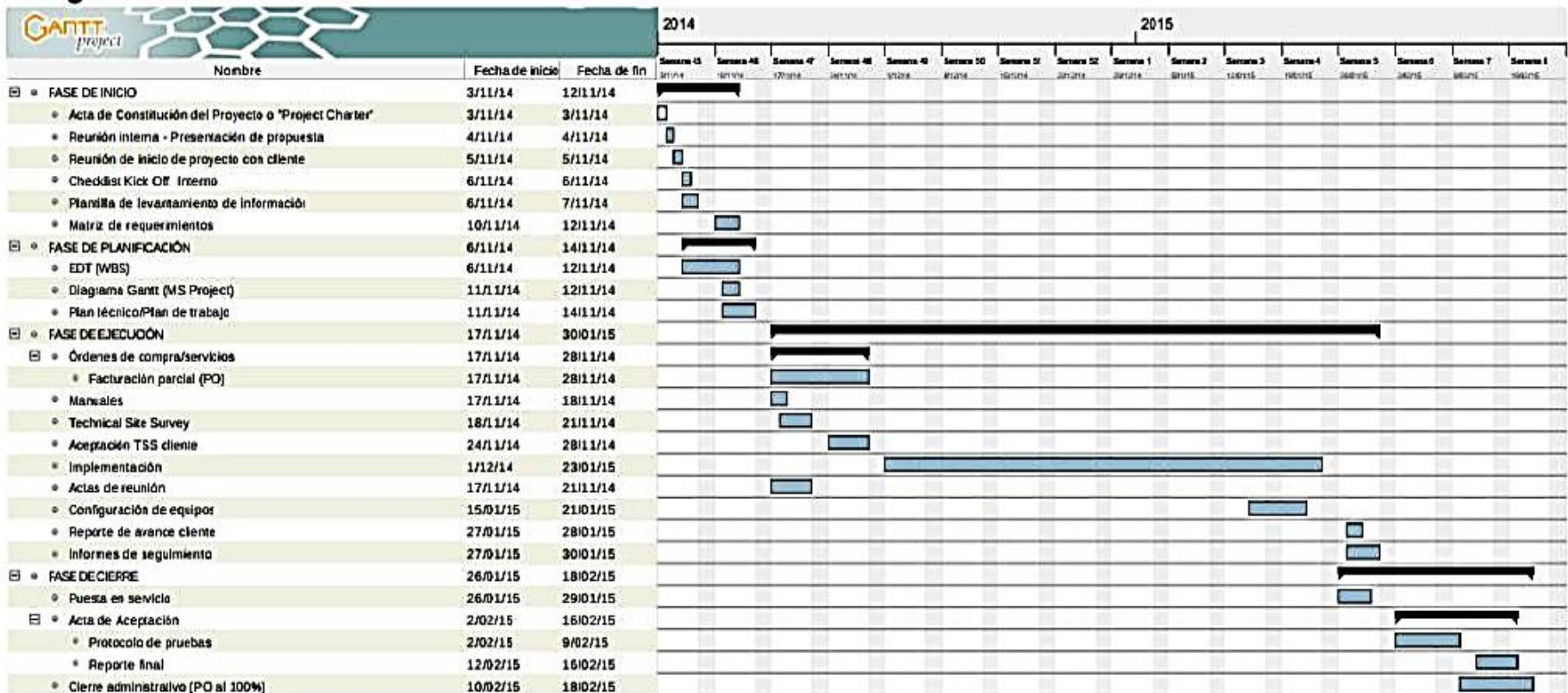


Figura 52: Cronograma

CONCLUSIONES

A continuación se brindarán algunas conclusiones con respecto a los objetivos logrados:

- Se determinó que la implementación de una solución de interiores obtuvo valores positivos en los indicadores de análisis de post proceso, mejorando notablemente la calidad de señal dentro de la galería.
- La implementación de una red de antenas pasivas dentro del lugar nos permitió poder distribuir la señal según la necesidad de los usuarios.
- Según el análisis final se tiene que la señal actual dentro del local supera el 95% mínimo permitido por el cliente, garantizando la disponibilidad y calidad del servicio a nivel cobertura.

RECOMENDACIONES

A continuación se tomara algunas recomendaciones a tener durante la aplicación del presente proyecto:

- Durante el walk test inicial se tomaron todas la mediciones necesarias, además se deben tener en cuenta todos los factores estructurales que podrían impactar durante la simulación.
- Para implementaciones futuras se recomienda seguir tomando en consideración equipos que cuenten con una data sheet de amplia amoldabilidad, para nuestro caso se implementó solo en 3G y posterior a ello en 2015 se instaló el 4G de manera adicional.

GLOSARIO DE TERMINOS

LTE (LONG TERM EVOLUTION).- Estándar de la norma 3GPP, interfaz radioeléctrica basada en OFDM, conocida también como la 4ta generación móvil.

GSM (GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE).- Sistema estándar, libre de regalía de telefonía móvil digital.

GPRS (GENERAL PACKET RADIO SERVICE).- Se basa en el Sistema GSM de transmisión de voz.

EDGE (ENHANCED DATA RATES FOR GSM EVOLUTION).- Tecnología de telefonía celular, Puente entre las redes 2G y 3G, considerada evolución del GPRS.

WCDMA (WIDEBAND CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS).- Basada en varios estándares de telefonía móvil de 3ra Generación

UMTS (UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM).- Sucesora del GSM, utilizadas para tecnologías de 3ra Generación.

UIT (UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES).- Organismo especializado en telecomunicaciones de la ONU, encargado de regular empresas operadoras.

E-UTRAN (EVOLVED UNIVERSAL TERRESTRIAL RADIO ACCESS NETWORK).- Sistema celular evolución de UTRAN para LTE.

IP (INTERNET PROTOCOL).- Etiqueta numérica que nos permite identificar de manera lógica y jerárquica una interfaz

QoS (QUALITY OF SERVICE).- Son tecnologías que nos permiten brindar un determinado procedimiento a un tipo de tráfico.

OFDM (ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING).- Es una modulación que nos permite enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias en un solo canal.

MIMO (MULTIPLE INPUT MULTIPLE OUTPUT).- Consiste en como maneja la antena las ondas de transmisión y recepción para dispositivos inalámbricos

FDD (FREQUENCY DIVISION DUPLEXING).- El transmisor y receptor operan a diferentes canales.

TDD (TIME DIVISION DUPLEXING).- Técnica que permite convertir un canal simple en un canal doble, separando señales enviadas y recibidas usando el mismo canal.

ENB (ENVELOPED NODE B).- Viene de la terminología de 3G nodo B pero mejorado para LTE, es decir para la E-UTRAN.

TDM (TIME DIVISION MULTIPLEXING).- Técnica que permite la transmisión de señales digitales a través de ocupar un canal de transmisión a distintas fuentes.

UE (USER EQUIPMENT).- Es todo terminal utilizado por el usuario final en las redes UMTS y LTE.

MME (MOBILITY MANAGEMENT ENTITY).- Es la llave de control del nodo para el acceso a la red LTE

SGW (Serving Gateway).- Envía paquetes de datos de usuario e interactúa entre el UE y el eNB.

PGW (PACKET DATA NETWORK GATEWAY).- Proporciona conectividad desde el UE a las redes de paquetes de datos externos.

TCP (TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL).- Protocolo fundamental en internet que permite el paso de tráfico por una red.

SGSN (SERVICE GPRS SUPPORT NODE).- Almacena información de localización, perfil de usuario de los clientes GPRS.

DAS: DISTRIBUTION ANTENNA SYSTEM.- Sistema pasivo de antenas que se implementan dentro de un lugar.

BIBLIOGRAFIA

Alcatel-Lucent. *Manual de instalaciones CALA v 4.0*. Alcatel-Lucent, 2015.

Morten Tolstrup. *Indoor Radio Planning - A Practical Guide for 2G, 3G, and 4G*. Morten Tolstrup, 2015.

Velarde , Edgar. *Comunicaciones Móviles*. Lima: PUCP, 2013.

Velarde, Edgar. *Arquitectura UMTS*. Lima: PUCP, 2012.

—. *Introducción a UMTS - HSPA Revisión de principios de sistemas móviles*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2016.

Zumaeta, Larry. *Diseño de una red de telefonía móvil para una ruta de tren subterráneo*. Lima: UNI, 2015.



ANEXO REPORTE FAC

GALERIA EL REY DE GAMARRA

Introducción

Este documento muestra los resultados de la implementación del sistema pasivo de antenas correspondiente a Galería El Rey de Gamarra. Se presentan los indicadores obtenidos en la medición de señal (static test, walk test y drive test).

Datos del Proyecto

Nombre del proyecto	:	Gamarra
Dirección	:	Jr. Antonio Bazo 767 – La Victoria
Contacto de Edificio	:	Guillermo Sangster Silva
Fono contacto	:	473-3501 / 473-2500
Coordenadas WGS 84	:	12° 03' 57.55" S / 77° 00' 50.38" O
Dimensión aproximada	:	14100 m2 aprox

Mapa de ubicación y vista satelital con sitios cercanos



Figura 53: Ubicación de Estación

Fuente: Elaboración Propia

Estación con Sitios Cercanos

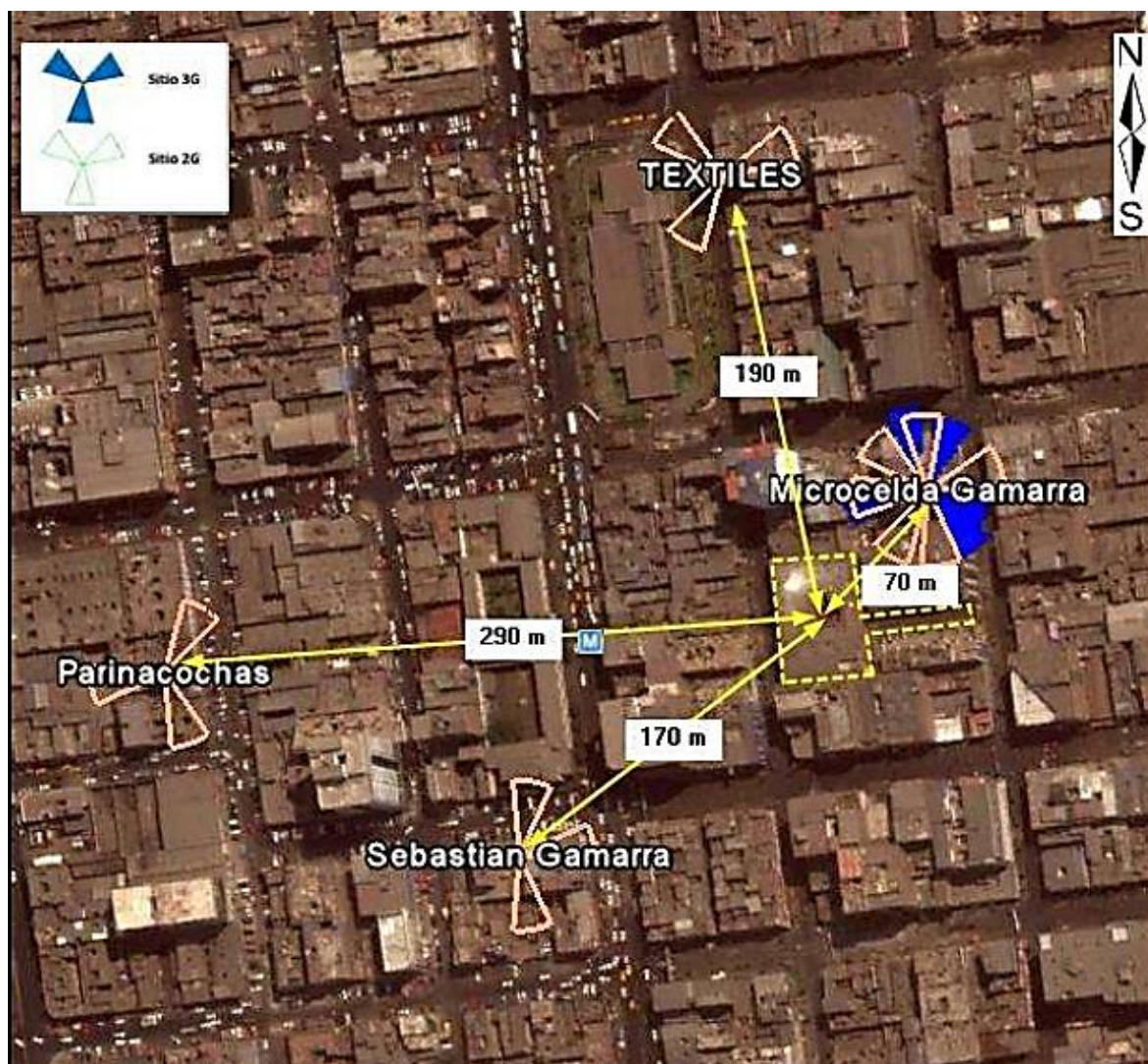


Figura 54: Distancia de sitios más próximos

Fuente: Elaboración Propia

Esquema equipos y antenas instalados

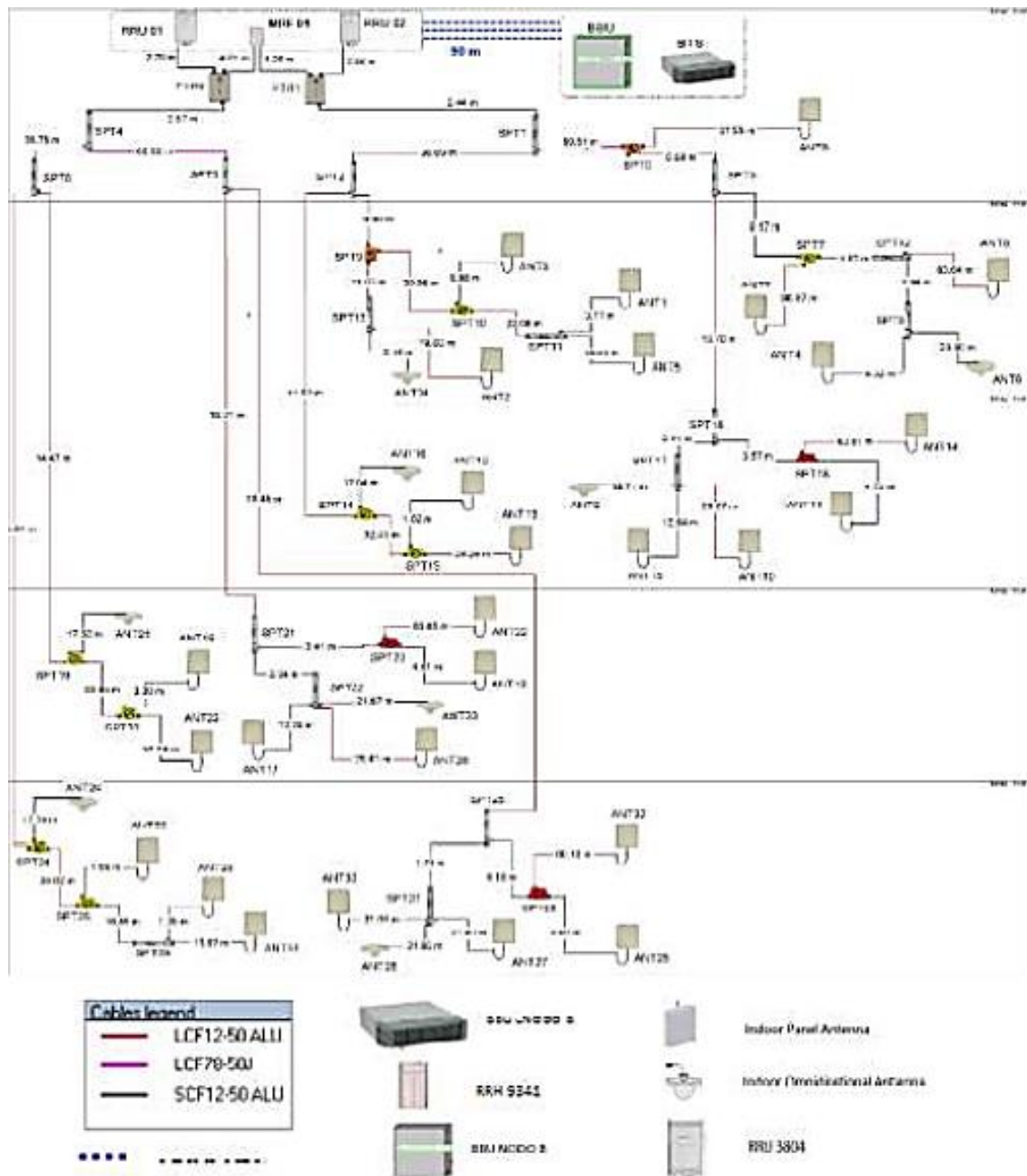


Figura 55: Uso de Antenas, Cables y Splitters
Fuente: Elaboración Propia

Detalle de pruebas para la Aceptación Final

Walk Test

Tabla 5: Descripción del Walk Testa

AMR	Call by Call	Duración 30s, intervalo de 5s.	Test se realizó haciendo recorrido a todo el edificio.
	Call	Llamada larga	Test se realizó haciendo recorrido a todo el edificio.
Download	FTP	3G FTP download, file size de 320MB.	Test se realizó haciendo recorrido a todo el edificio.
Upload	FTP	FTP upload, file size de 100MB.	Test se realizó haciendo recorrido a todo el edificio.

Fuente: Elaboración Propia

Drive Test

Tabla 6: Descripción del Drive Test

Scanner	Coverage	3G	Modo scanning	Test se realizó alrededor del site indoor
---------	----------	----	---------------	---

Fuente: Elaboración Propia

Metodología

El presente documento expone los KPIs obtenidos tras la instalación del DAS en site Indoor Galería El Rey de Gamarra. Dichos KPIs se detallan en tablas y gráficos.

Tabla Resumen de los KPIs

Resumen Cuantitativo

Tabla 7: Resumen Cuantitativo de los KPI's					
	RSCP Indoor	WT	>= -75 dBm	>= 95%	99.95% OK
	RSCP Outdoor	DT	>= -85 dBm	<= 1%	0.00% OK
	Δ RSCP	WT	>= 10 dB	>= 95%	94.20% OK
	Ec/No	WT	>= - 6 dBm	>= 95%	95.61% OK
	Best Server	WT	-	>= 97%	100.00% OK
	UE TX Power	WT	<= -20 dBm	>= 90%	95.02% OK
Optimization	CQI	WT	>= 25	>= 95%	95.33% OK
Target	HSDPA Throughput	ST	>= 1.5 Mbps	>= 90%	96.46% OK
3G	HSUPA Throughput	ST	>= 700 kbps	>= 90%	96.90% OK
	Voice Call Setup Success Rate (MO)	WT	-	>= 99%	100.00%
	Voice Call Drop Rate	WT	-	<= 1%	0.00% OK
	Voice Call Soft Handover	WT	-	>= 99%	- n/a
	Voice Call IntraFreq HHO	WT	-	>= 99%	- n/a
	Voice Call InterFreq HHO	WT	-	>= 99%	- n/a
	Voice Call 3G to 2G HHO	WT	-	>= 99%	- n/a

Resumen Cualitativo

Tabla 8: Resumen Cualitativo de los KPI's												
NOMBRE	IPRF	N° Piso	90% RSCP<=-75dBm	95% ΔRSCP>=10dBm	95% Ec/Io>=-6dB	Best Server al 99.7%	CSR >=99%	CDR <=1%	95% CQI >= 25	90% Th (DL) >= 1.5Mbps	90% Th(UL)>= 0.7Mbps	90% UE-Tx Power <=-20 dBm
Gamarra LI1677		1	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
		2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
		3	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
		4	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
		5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración Propia

Aceptación de KPI's

Cobertura 3G

RSCP Indoor

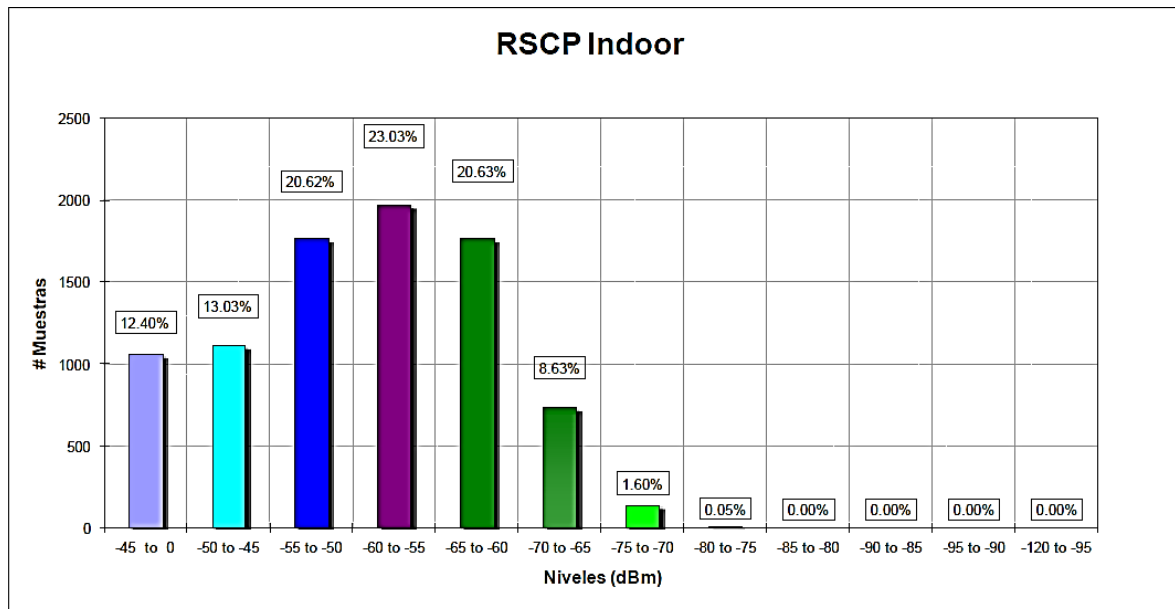


Figura 56: Histograma RSCP Indoor

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9: RSCP Indoor

RSCP (dBm)	# Muestras	Porcentaje	KPI
-45 to 0	1061	12.40%	99.95%
-50 to -45	1115	13.03%	
-55 to -50	1764	20.62%	
-60 to -55	1970	23.03%	
-65 to -60	1765	20.63%	
-70 to -65	738	8.63%	
-75 to -70	137	1.60%	
-80 to -75	4	0.05%	0.05%
-85 to -80	0	0.00%	
-90 to -85	0	0.00%	
-95 to -90	0	0.00%	
-120 to -95	0	0.00%	

Fuente: Elaboración Propia

RSCP Outdoor

Tabla 10: RSCP Outdoor

	# Muestras	KPI
Muestras debajo del KPI	0	0.00%
Muestras totales	1658	

Fuente: Elaboración Propia

RSCP

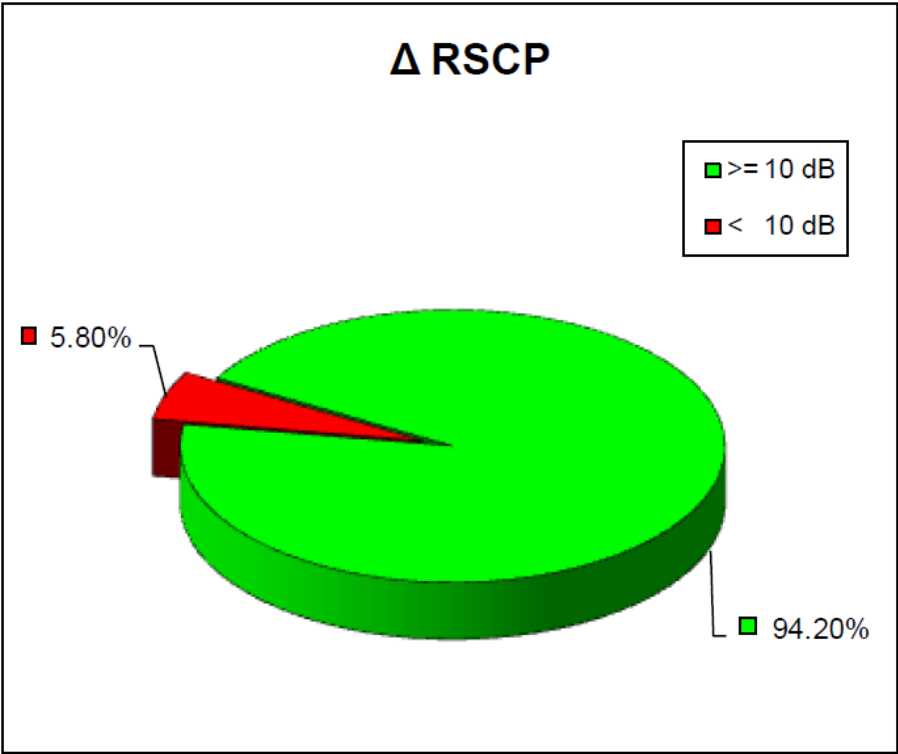


Figura 57: Diagrama porcentual RSCP

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11: ΔRSCP

ΔRSCP	# Muestras	Porcentaje	KPI
≥ 10 dB	7976	94.20%	94.20%
< 10 dB	491	5.80%	5.80%

Fuente: Elaboración Propia

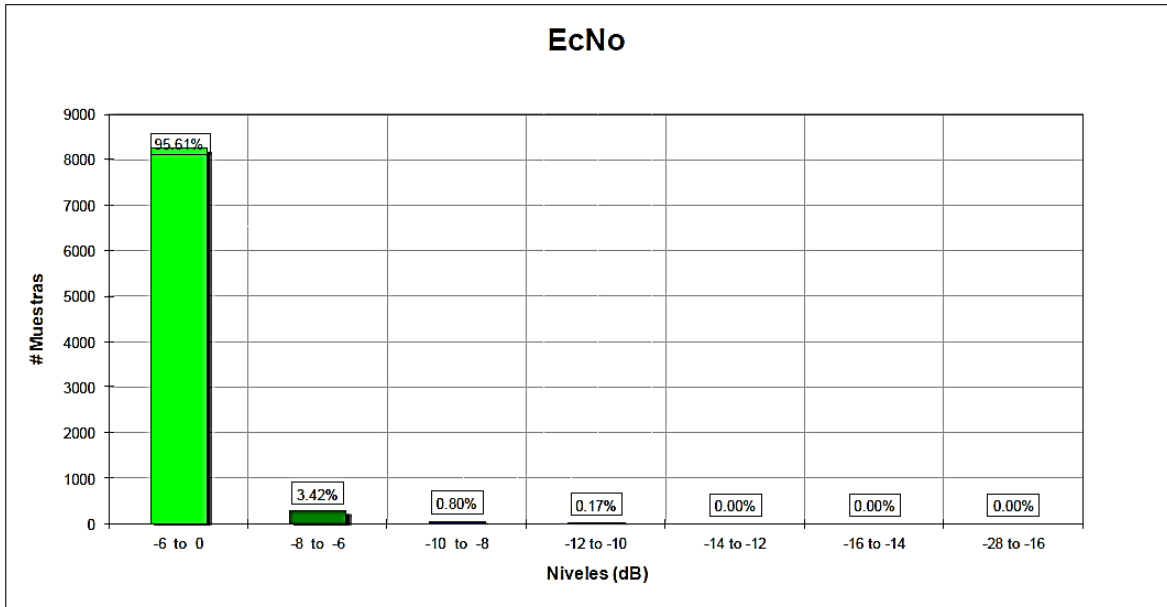


Figura 58: Histograma EcNo

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12: EcNo

EcNo (dB)	# Muestras	Porcentaje	KPI
-6 to 0	8274	95.61%	95.61%
-8 to -6	296	3.42%	4.39%
-10 to -8	69	0.80%	
-12 to -10	15	0.17%	
-14 to -12	0	0.00%	
-16 to -14	0	0.00%	
-28 to -16	0	0.00%	

Fuente: Elaboración Propia

Primary Scrambling Code

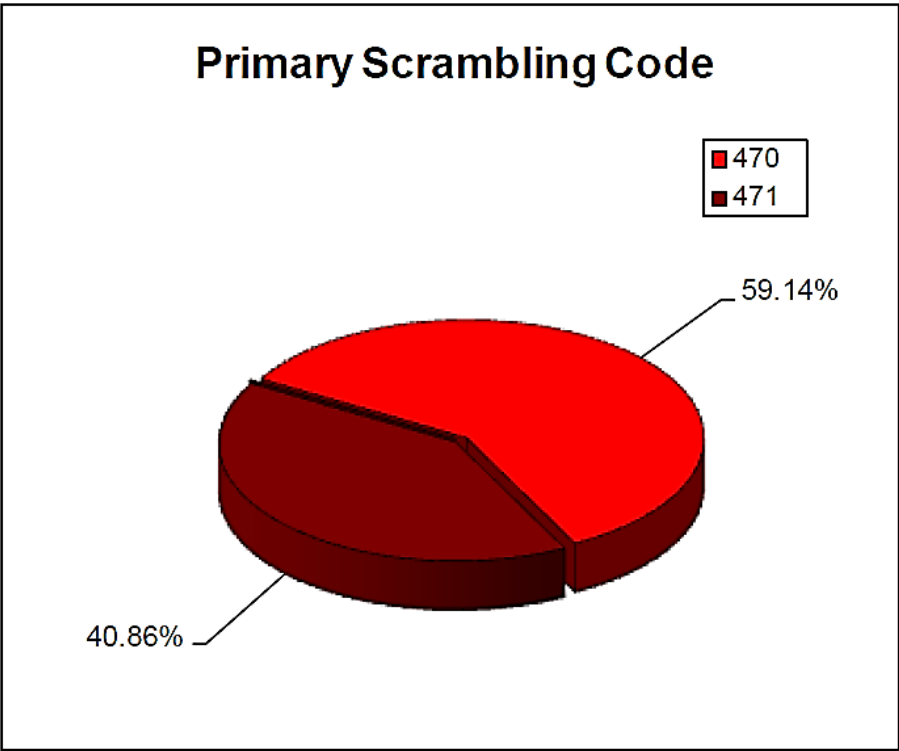


Figura 59: Distribución porcentual PSC
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13: Primary Scrambling Code

PSC	# Muestras	Porcentaje	KPI
470	5118	59.14%	100.00%
471	3536	40.86%	
Otros	0	0.00%	0.00%

Fuente: Elaboración Propia

Tx Power

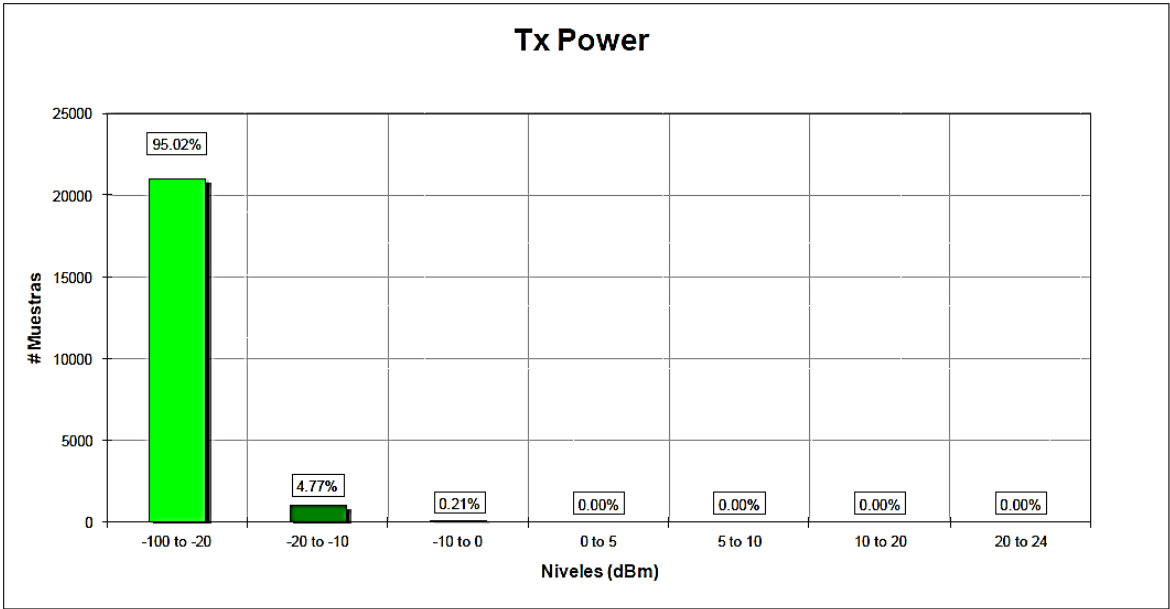


Figura 60: Histograma Tx Power
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14: Tx Power

Tx Power (dBm)	# Muestras	Porcentaje	KPI
-100 to -20	21037	95.02%	95.02%
-20 to -10	1056	4.77%	
-10 to 0	47	0.21%	
0 to 5	0	0.00%	
5 to 10	0	0.00%	4.98%
10 to 20	0	0.00%	
20 to 24	0	0.00%	

Fuente: Elaboración Propia

Channel Quality Indicator (CQI)

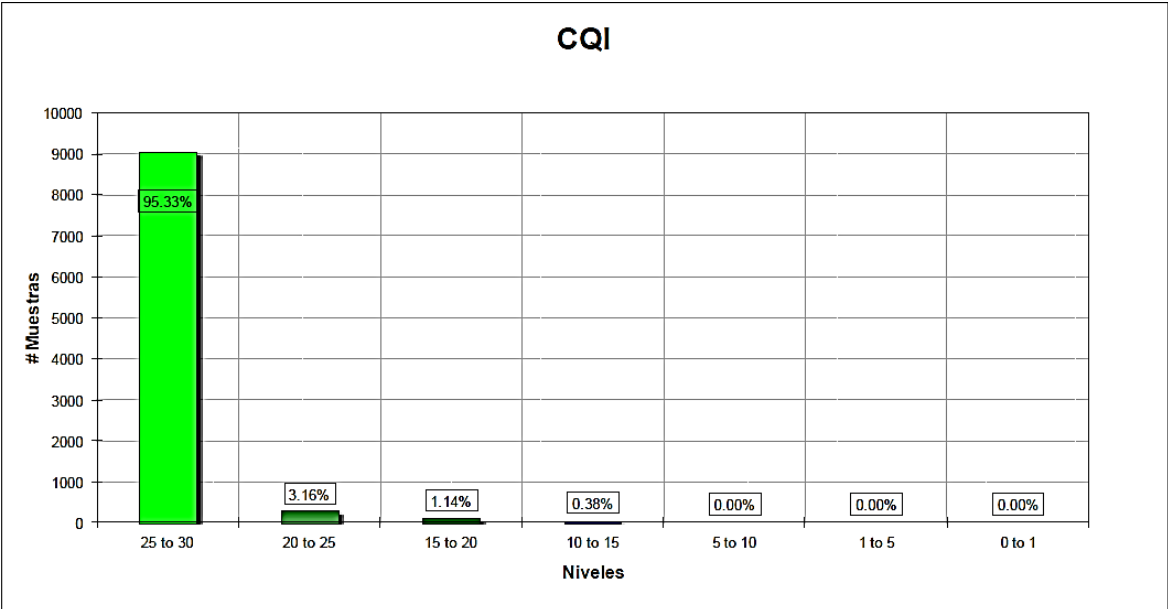


Figura 61: Histograma CQI
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15: CQI

CQI	# Muestras	Porcentaje	KPI
25 to 30	9063	95.33%	95.33%
20 to 25	300	3.16%	
15 to 20	108	1.14%	
10 to 15	36	0.38%	4.67%
5 to 10	0	0.00%	
1 to 5	0	0.00%	
0 to 1	0	0.00%	

Fuente: Elaboración Propia

HSDPA Throughput

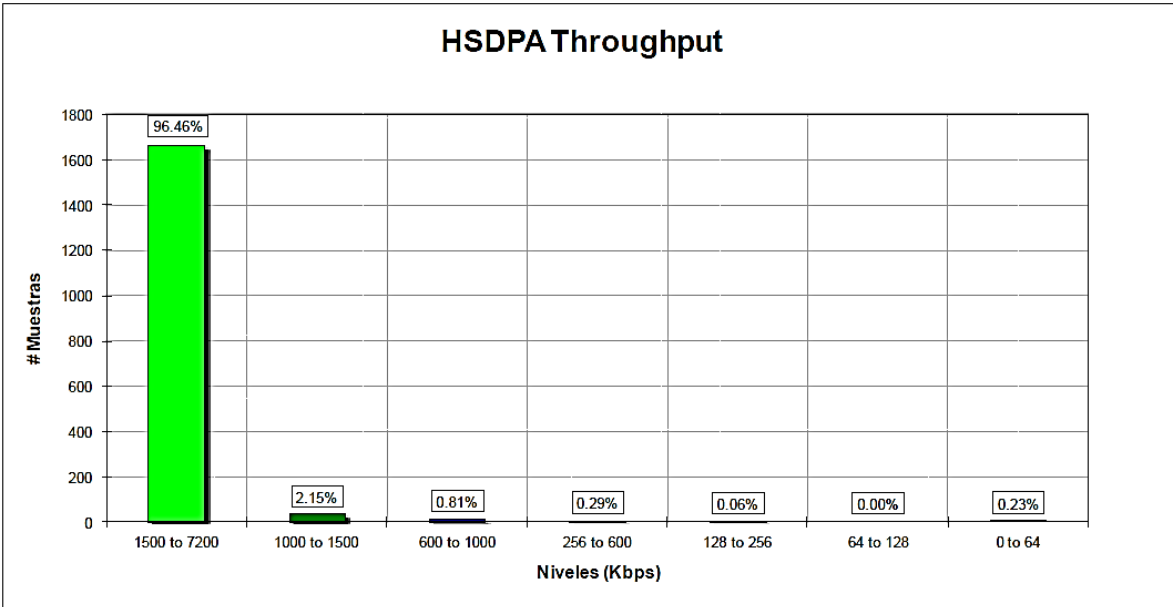


Figura 62: Histograma HSDPA Throughput
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16: HSDPA Throughput

HSDPA Throughput (Kbps)	# Muestras	Porcentaje	KPI
1500 to 7200	1662	96.46%	96.46%
1000 to 1500	37	2.15%	
600 to 1000	14	0.81%	
256 to 600	5	0.29%	
128 to 256	1	0.06%	3.54%
64 to 128	0	0.00%	
0 to 64	4	0.23%	

Fuente: Elaboración Propia

HSUPA Throughput

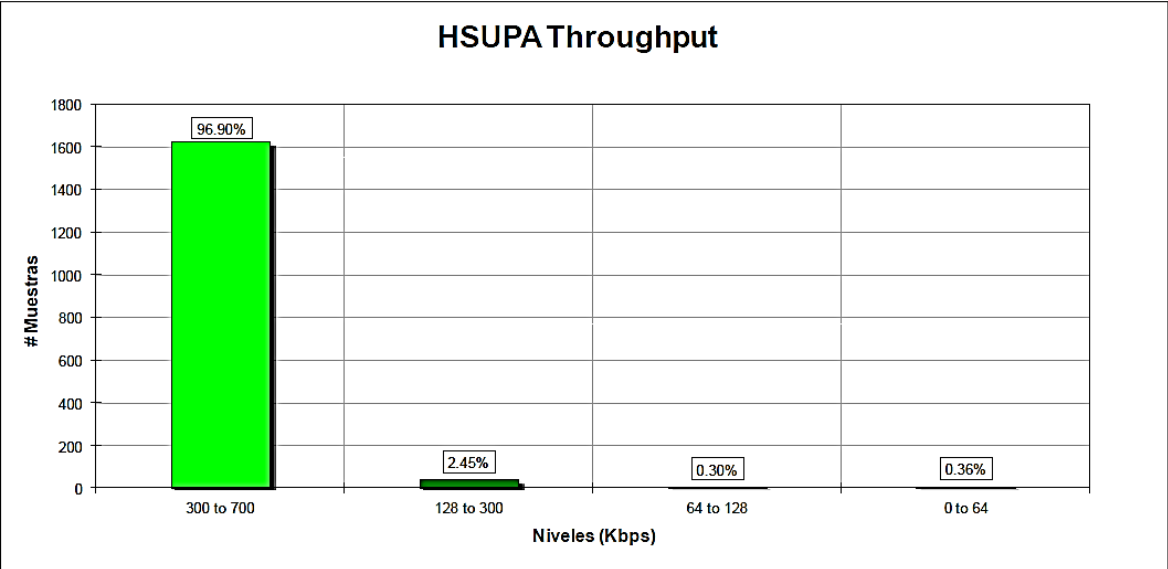


Figura 63: Histograma HSUPA Throughput

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17: HSUPA Throughput

HSUPA Throughput (Kbps)	# Muestras	Porcentaje	KPI
300 to 700	1624	96.90%	96.90%
128 to 300	41	2.45%	
64 to 128	5	0.30%	2.74%
0 to 64	6	0.36%	

Fuente: Elaboración Propia

Índice de Voice Call Setup Success.

Tabla 18: Accesibilidad

Service	Call Attempt (MO)	Call Success	Access Failures	Call Success Rate
Voice Call (AMR)	25	25	0	100%

Fuente: Elaboración Propia

Índice de Voice Call Drop

Tabla 19: Reteneabilidad

Service	Call Success (MO)	Call Completed	Call Drops	Call Drop Rate
Voice Call (AMR)	25	25	0	0.00%

Fuente: Elaboración Propia

Estadística de Handover

Tabla 20: Handover

Service	Type	Event		KPI	
		Success	Failure	Success	Failure
AMR	Soft HO	0	0	-	-
	IntraFreq HHO	0	0	-	-
	InterFreq HHO	0	0	-	-
	3G to 2G HO	0	0	-	-

Fuente: Elaboración Propia